UNIJUÍ - UNIVERSIDADE REGIONAL DO NOROESTE DO ESTADO DO RIO GRANDE DO SUL
DETEC – DEPARTAMENTO DE TECNOLOGIA
CURSO DE ENGENHARIA CIVIL

RAFAEL KIRCHNER BENETTI

TRAÇOS DE CONCRETO CONVENCIONAL COM INCORPORAÇÃO DE ADITIVO ACELERADOR DE PEGA: ANÁLISE DA RESISTÊNCIA NAS PRIMEIRAS IDADES

Ijuí (RS)
Maio de 2007

RAFAEL KIRCHNER BENETTI

TRAÇOS DE CONCRETO CONVENCIONAL COM INCORPORAÇÃO DE ADITIVO ACELERADOR DE PEGA: ANÁLISE DA RESISTÊNCIA NAS PRIMEIRAS IDADES

Trabalho de Conclusão do Curso de Engenharia Civil para a obtenção do título de Bacharel em Engenharia Civil, Universidade Regional do Noroeste do Estado do Rio Grande do Sul, Departamento de Tecnologia.

Orientador: Prof. MSc. LUÍS EDUARDO MODLER

Ijuí (RS)

Maio de 2007

FOLHA DE APROVAÇÃO

Trabalho de conclusão de curso defendido e aprovado em sua forma final pelo professor orientador e pelos membros da banca examinadora.

_____

Prof. Luís Eduardo Modler, M.Sc Eng. - Orientador

Banca Examinadora

_____

Prof. Marco Antonio Silva Pinheiro , D.Sc. Eng.

UNIJUÍ/DeTec

_____

Prof. Tiago Stumm Marder, M.Sc Eng.

UNIJUÍ/DeTec

RESUMO

O mercado vem exigindo soluções mais rápidas e econômicas na área da construção civil, o que vem tornando os seus processos mais modernos. Sob este aspecto, é de fundamental importância que a indústria e as universidades juntem esforços para proporcionar pesquisas com o objetivo de obter métodos mais eficazes de se construir. Desta forma, surgiu a questão do presente estudo que avalia a resistência das primeiras idades de dois traços de concreto, com diferentes teores de aditivo aceleradores de pega. Quando se trabalha com concreto, deve-se ter em mente as características dos materiais que o envolvem, pois eles podem influenciar na qualidade do mesmo. Desta forma, a pesquisa parte da realização de ensaios de caracterização dos materiais. Segue-se com um estudo de dosagem onde a partir de misturas pré-estabelecidas, chegou-se a dois traços. O teor de aditivo acelerador de pega é determinado em percentuais da massa de cimento, sendo que os percentuais utilizados foram de 0%, 1%, 2,5% e 4, sendo 4% a recomendação do fabricante. Desta forma foram moldados 16 corpos de prova de cada traço com os diferentes percentuais de aditivos descritos a cima. Os rompimentos foram realizados nas idades de 2, 3, 4, 5, 6, 7 e 28 dias. Os resultados contribuíram para um maior entendimento da fundamentação teórica, mostrando que a resistência é influenciada por diversos fatores dentre eles granulometria, teor de aditivos, grau de adensamento, fator água/cimento e as idades. Também se constatou que a influência do aditivo foi significativa nas primeiras idades.

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO 11
1.1 Tema da pesquisa 11
1.2 Delimitação do tema 11
1.3 Formulação da questão de estudo 12
1.4 Definição dos objetivos de estudo 12
1.4.1 Objetivo geral 12
1.4.2 Objetivos específicos 12
1.5 Justificativa 12

2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA 14
2.1 Concreto de Cimento Portland 14
2.2 Propriedades do Concreto Fresco 15
2.2.1 Trabalhabilidade 15
2.2.2 Segregação 16
2.2.3 Exudação 17
2.3 Propriedades do Concreto Endurecido 17
2.4 Cimento 19
2.5 Pega 20
2.6 Agregados 21
2.7 Água de Amassamento 22
2.8 Aditivos 22
2.9 Dosagem 24
2.10 Concreto Pré-Moldado 24

3 MATERIAIS E MÉTODOS 26
3.1 Classificação do Estudo 26
3.2 Procedimento de coleta de dados 26
3.2.1 Caracterização dos Materiais 26
3.2.1.1 Caracterização do Cimento 27
3.2.1.2 Caracterização do Agregado Miúdo 29
3.2.1.3 Caracterização do Agregado Graúdo 29
3.2.1.4 Aditivo Acelerador de Pega 31
3.2.2 Estudo de Dosagem 31

3.2.2.1 Determinação do Teor de Argamassa 31
3.2.2.2 Determinação dos Traços Auxiliares 32
3.2.2.3 Cálculo do Fator A/C para os Traços do Concreto A (25MPa) e B (40MPa) 33
3.2.3 Moldagem dos Corpos de Prova 34
3.2.4 Rompimento 35

4 ANÁLISE E INTERPRETAÇÃO DOS DADOS 36
4.1 Resistência à Compressão do Concreto A e B 36
4.1.1 Resistência à Compressão do Concreto A (1:7,13) 37
4.1.2 Resistência à Compressão do Concreto B (1:4,47) 40
4.1.3 Avaliação da Influência do Aditivo nos Concretos A e B 42

CONCLUSÃO E SUGESTÕES 44

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS 45

ANEXOS 47

APÊNDICES 59

LISTA DE ABREVIATURAS

ABCP – Associação Brasileira de Cimento Portland

ABNT – Associação Brasileira de Normas Técnicas

A/C – Fator Água Cimento

CP – Corpos de Prova

ARI – Alta Resistência Inicial

fc – Resistência a compressão do concreto obtida de um corpo-de-prova

IPT – Instituto de Pesquisa Tecnológica

MPa – Mega Pascal

NBR – Norma Brasileira Regulamentadora

UNIJUI – Universidade Regional do Noroeste do Estado do Rio Grande do Sul

LISTA DE QUADROS

Quadro 1: Determinação da composição granulométrica da brita 30

Quadro 2: Determinação do teor de argamassa e fator A/C (inicial) para o traço 1:5 32

Quadro 1: Determinação da composição granulométrica da brita 30

Quadro 3: Traços dos concretos com os diferentes teores de aditivo e o número de corpos de prova moldados 37

LISTA DE TABELAS

Tabela 1: Determinação da finura do cimento.....27

Tabela 2: Determinação da massa específica do cimento. 27

Tabela 3: Determinação da massa unitária solta do cimento.....28

Tabela 4: Determinação da consistência da pasta 28

Tabela 5: Determinação o tempo de início e fim de pega para o cimento. 28

Tabela 6: Determinação da massa específica da areia.....29

Tabela 7: Determinação da massa unitária solta da areia.....29

Tabela 8: Determinação da absorção e da massa específica. 31

Tabela 9: Determinação da massa unitária solta da brita. 31

Tabela 10: Traços auxiliares.....33

Tabela 11: Média das resistências em MPa aos 7 e 28 dias e o Fator A/C. 33

Tabela 12: Resistência em MPa a compressão do traço de 1:7,13 nas idades de 2,3,4,5,6,7 e 28 dias com os diferentes teores de aditivos (0%, 1%, 2,5% e 4%).....38

Tabela 13: Evolução (em %) da resistência a compressão do traço de 1:7,13 nas idades de 2,3,4,5,6,7 e 28 dias com os diferentes teores de aditivos (0%, 1%, 2,5% e 4%)...39

Tabela 14: Resistência em MPa à compressão do traço de 1:4,77 nas idades de 2,3,4,5,6,7 e 28 dias com os diferentes teores de aditivos (0%, 1%, 2,5% e 4%).....41

Tabela 15: Evolução (em %) da resistência a compressão do traço de 1:4,47 nas idades de 2,3,4,5,6,7 e 28 dias com os diferentes teores de aditivos (0%, 1%, 2,5% e 4%)...41

LISTA DE FIGURAS

Figura 1: Relação entre resistências a 7 dias de idade em relação a água /cimento de concretos feitos com cimento ARI. 18

Figura 2: Verificação da trabalhabilidade. 33

Figura 3: Prensa rompendo um CP. 35

Figura 4: Resistência a compressão do traço de 1:7,13 com os diferentes teores de aditivos (0%, 1%,2,5% e 4% com idades de 2,3,4,5,6,7 e 28 dias). 38

Figura 5: Resistência a compressão do traço de 1:7,13 nas idades de 2,3,4,5,6,7 e 28 dias com os diferentes teores de aditivos (0%, 1%, 2,5% e 4%). 39

Figura 6: Resistência a compressão do traço de 1:4,47 com os diferentes teores de aditivos (0%, 1%, 2,5% e 4% com idades de 2,3,4,5,6,7 e 28 dias) 40

Figura 7: Resistência a compressão do traço de 1:4,47 nas idades de 2,3,4,5,6,7 e 28 dias com os diferentes teores de aditivos (0%, 1%, 2,5% e 4%). 42

Figura 8: Evolução média (em %) da resistência a compressão nas idades de 2,3,4,5,6 e 7 dias com os diferentes teores de aditivos (1%, 2,5% e 4%). 43

1 INTRODUÇÃO

Na atual conjuntura em que se encontram os desenvolvimentos tecnológicos das diversas áreas e da engenharia em especial, é de vital importância que a construção civil esteja inserida no desenvolvimento de tecnologias voltadas aos materiais e método usado em seu dia a dia.

Tendo em vista que o concreto é um dos materiais mais utilizados na Engenharia Civil, é relevante que se procure métodos e materiais que tornem o seu uso mais eficaz, econômico e seguro.

Dentro deste contexto, é natural que a pesquisa nesta área seja muito importantes na construção civil. Dessa forma este estudo mostra uma alternativa para a solução de problemas os quais alguns setores da engenharia enfrentam, ocasionados pelo curto espaço de tempo que se dispõe para executar determinadas atividades.

1.1 TEMA DA PESQUISA

Concreto de cimento portland.

1.2 DELIMITAÇÃO DO TEMA

Este trabalho apresenta um estudo experimental de dois traços de concreto (1:7,13 para 25MPa e 1:4,77 para 40MPa) estudados previamente, onde foram adicionados teores de aditivos acelerador de pega com percentuais de 0%, 1%, 2,5% e 4% em relação a massa de cimento. Nestes foram analisados a resistência à compressão aos 7 dias de idade.

1.3 FORMULAÇÃO DA QUESTÃO DE ESTUDO

A construção civil está inserida em um processo de modernização, o que tem levado à necessidade de se construir com maior rapidez, eficiência e economia. Sob este aspecto, propõe-se as questões de estudo:

a) O método de dosagem escolhido possibilita à utilização de aditivo acelerador, fornecendo respostas adequadas às primeiras idades?

b) Qual a influência do aditivo acelerador nas propriedades do concreto?

1.4 DEFINIÇÃO DOS OBJETIVOS DE ESTUDO

1.4.1 Objetivo geral

Este estudo tem como objetivo geral, dosar concretos com resistência a compressão axial (fc) de 25 e 40 MPa e avaliar o seu comportamento para 2, 3, 4, 5, 6, 7, 28 dias de idade, com aditivo acelerador de pega.

1.4.2 Objetivos específicos

- Aplicar um método de dosagem, para o concreto convencional em concreto com aditivo.
- Obter traços de concreto para resistências de 25 e 40 MPa aos 7 dias de idade.

1.5 JUSTIFICATIVA

A modernização da construção civil vem recebendo influência do aumento das técnicas de informação, através da difusão da industrialização e pela automação. Todavia, existe muito mais para ser incorporado, de maneira especial com referência à eficiência, economia e a rapidez dos processos construtivos atuais. Para mudar a base produtiva na construção civil, para um padrão mais moderno como a pré-fabricação, envolveria a aplicação de um método industrial no processo construtivo da edificação.

A maneira mais eficaz de industrializar a construção civil é transportar o serviço do canteiro de obras para uma indústria indeslocavel e moderna. A produção numa fábrica permite mais eficiência, trabalhadores especializados, repetição de tarefas, controle de

qualidade, possibilitando a implementação gradativa da automação. Existem exemplos bem sucedidos de automação no preparo de armadura, execução e montagem de formas, preparo e lançamento do concreto, acabamentos do concreto arquitetônico, entre outros.

Uma das vantagens do pré-moldado é a economia de tempo e de dinheiro a médio e longo prazo. É uma tecnologia que permite a execução em tempo menor do que em obras de grande porte, com grande economia, resultando ganhos devido à antecipação da produção ou da venda. Outra vantagem está no custo devido à economia de fôrmas, pela sua reutilização num ciclo de 24 horas, o que torna o emprego do aditivo de fundamental importância dentro deste segmento da construção civil. Para tanto, utilizar neste contexto concretos com incorporações de aditivos que acelerem o tempo de pega é de extrema relevância para este setor da construção civil. Frente as considerações acima citadas justifica a relevância do estudo.

2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

A revisão bibliográfica tem como objetivo proporcionar um entendimento mais aprofundado sobre o estudo, dando um embasamento maior sobre as questões e materiais que envolvem o concreto.

2.1 CONCRETO DE CIMENTO PORTLAND

Concreto é basicamente o resultado da mistura de cimento, água, agregado graúdo e agregado miúdo, de maneira que o cimento ao ser hidratado pela água, forma uma pasta que envolve e adere aos agregados, podendo ser moldado em diversas formas, sendo este de fundamental importância na construção civil.

De acordo com Petrucci (1968, p.5):

> O concreto hidráulico é um material de construção que se compõe como uma mistura de um aglomerante com um ou mais materiais inertes e água. Logo que misturado, deve proporcionar condições de plasticidade que permitam operações de manuseio que são fundamentais no lançamento nas fôrmas, adquirindo, com o tempo, pelas reações que então se processarem entre aglomerante e água, coesão e resistência.

O mesmo autor (PETRUCCI, 1968), comenta que para obter um concreto durável, resistente, econômico e de bom aspecto, deve-se estudar, as propriedades de cada um dos materiais componentes, as propriedades do concreto e os fatores suscetíveis de alterá-las, bem como o proporcionamento correto, a execução cuidadosa da mistura em cada caso, a fim de obter-se as características impostas, os meios de transporte, lançamento e adensamento compatíveis com a obra, o modo de executar o controle do concreto durante a preparação e

após o endurecimento, a fim de garantir o atendimento das características exigidas, tomando os cuidados devidos em caso contrário.

O proporcionamento dos materiais que envolvem o concreto é conhecido como dosagem ou traço, sendo um fator muito importante, pois através dele, pode-se obter concretos mais ou menos resistentes e com particularidades especiais, ao acrescentarmos à mistura aditivos.

Na elaboração do concreto deve-se levar em consideração a qualidade e a quantidade da água a ser utilizada, pois ela está diretamente ligada a reação química que transforma o cimento em uma pasta aglomerante. Se sua quantidade e ou qualidade forem inadequada, a reação poderá não ocorrer por completo, afetando a resistência e a permeabilidade do concreto. A relação entre o peso da água e do cimento utilizados na dosagem é chamada de fator água/cimento (a/c).

Os materiais a serem utilizados na dosagem deverão ser analisados no laboratório (conforme normas da ABNT), com o propósito de verificar a qualidade e obter os dados para elaboração do traço (massa específica e granulometria).

2.2 PROPRIEDADES DO CONCRETO FRESCO

2.2.1 Trabalhabilidade

O concreto é trabalhável à medida que pode ser adensado com facilidade, e seja de fácil lançamento com ausência de segregação, sendo estas as propriedades essenciais do concreto (NEVILLE, 1997).

Segundo Petrucci (1968), a trabalhabilidade é medida pela energia necessária a ocasionar, em uma massa de concreto fresco, uma deformação pré-estabelecida. Os diferentes aparelhos e métodos idealizados para verificar a influência dos diversos fatores não conseguem pôr em evidência todas as propriedades do concreto, cujo conjunto constitui a trabalhabilidade.

O mesmo autor afirma que a medida da trabalhabilidade é realizada pelo abatimento (deformação) causado na massa de concreto pelo seu próprio peso. O aparelho consiste em uma forma troncônica de diâmetro de 10 a 20 cm e altura de 30 cm, dentro da qual é colocada uma massa de concreto em 3 camadas iguais, adensadas, cada uma com 25 golpes, com uma barra de 16 mm de diâmetro, retirando-se lentamente o molde. Determina-se a diferença entre

a altura do molde e a da massa de concreto, após assentada, permitindo-se identificar índices de trabalhabilidade em função da diferença entre alturas.

Tendo em vista que o concreto fresco tem uma importância passageira mas fundamental, a resistência do mesmo em determinadas dosagens é muito influenciada pelo nível do adensamento, pois a presença de 5% de vazios reduz a resistência na ordem de 30% e mesmo 2% de vazios pode resultar em perdas de até 10%. É de fundamental importância que a sua consistência seja adequada para que possa ser transportado, lançado, adensado e acabado com facilidade, sem segregação (NEVILLE, 1997).

Adam M. Neville afirma também que:

> Os vazios no concreto são, na verdade, bolhas de ar aprisionado ou espaços deixados depois de retirado o excesso de água. O volume dessa água depende da relação água/cimento da mistura; com menor freqüência, pode haver espaços devido à água aprisionada sob partículas maiores de agregado ou sob a armadura. As bolhas de ar que representam o ar "acidental", isto é, vazios no interior de um material inicialmente solto, são determinados pela granulometria das partículas mais finas da mistura e são mais facilmente expelidas de uma mistura mais molhada do que de uma mais seca. Portanto, se pode concluir que para cada método de adensamento existe um teor ótimo de água, com o qual será mínimo o volume total das bolhas de ar e de espaço com água. Com este teor ótimo de água, pode-se obter a máxima massa específica relativa do concreto. No entanto, o teor ótimo de água pode variar conforme o método de adensamento (NEVILLE, 1997).

Segundo Bauer (1998) a trabalhabilidade não é somente característica inerente ao próprio concreto, como a consistência; engloba ainda os entendimentos relativos à classe da obra e ao procedimento de execução adotados. O concreto pode ser trabalhável num caso e não o ser em outro. Há ainda casos em que o concreto não é trabalhável de forma alguma. Portanto, a natureza da obra e a intensidade adotada para o adensamento indicarão o grau de consistência mais conveniente. A trabalhabilidade do concreto é fundamental para se conseguir compactação que assegure a máxima densidade possível, com aplicação de a quantidade de trabalho compatível com o processo de adensamento a ser empregado.

2.2.2 Segregação

Neville (1997), define segregação como a separação dos materiais envolvidos na mistura heterogênea do concreto, de modo que sua distribuição deixe de ser uniforme. As diferenças de tamanho das partículas e das massas específicas dos constituintes da mesma são

as causas primárias da segregação, que podem ser controladas por uma granulometria adequada e por cuidados no manuseio.

O mesmo autor determina duas formas de segregação. Na primeira, os fragmentos maiores de agregados se afastam ao longo dos declives ou sedimentam-se mais do que as partículas menores. A segunda forma ocorre em misturas com muita água, onde a pasta se desagrega (água cimento). Com algumas granulometrias, quando se usam misturas com pouco cimento (pobres), pode ocorrer o primeiro tipo de segregação se a mistura estiver muito seca; a adição de água pode melhorar a coesão da mistura, mas quando houver excesso de água, pode ocorrer o segundo tipo de segregação.

2.2.3 Exudação

A exsudação é um fenômeno de separação da água, efeito de segregação da pasta de cimento, em que parte da água da mistura passa a subir para a superfície de um concreto recém misturado. Como os grãos de areia são mais pesados que a água que os envolvem, são forçados, por gravidade, a uma sedimentação e um afloramento do excesso de água, expulso das porções inferiores. Esse fenômeno ocorre antes do início da pega, e pode prejudicar a uniformidade, a resistência e a durabilidade dos concretos (BAUER, 1994).

2.3 PROPRIEDADES DO CONCRETO ENDURECIDO

O concreto é considerado um sólido a partir da pega. É um material em constante evolução e susceptíveis alterações impostas pelo meio ambiente, sendo elas físicas, químicas e mecânicas, e que ocorrem de maneira lenta. A durabilidade de um concreto pode ser perfeitamente aceitável quando a estrutura se encontra devidamente protegida. Um exemplo das propriedades do concreto endurecido é a impermeabilidade sendo uma característica essencial, quando se estudam estruturas de concretos hidráulicos. Já em estruturas de edificações, não é considerado uma qualidade essencial, sendo de extrema importância, neste caso, as características mecânica e estrutural do concreto (BAUER, 1994).

O concreto é um material que responde bem às tensões de compressão e em contra partida responde mal às tensões de tração sendo que na resistência à compressão ele resiste dez vezes mais que na resistência a tração; na flexão, a r esistência à tração (módulo de ruptura) é duas vezes maior das resistências obtidas por tração simples. O concreto resiste mal ao cisalhamento, em função das tensões de distensão que então se verificam em planos

inclinados. Os principais fatores que afetam a resistência mecânica são: relação água/cimento; idade; forma e graduação dos agregados; tipo de cimento; forma e dimensão dos corpos de prova; velocidade de aplicação da carga de ensaio e duração da carga (PETRUCCI, 1968, p.95).

São vários os fatores que influenciam na resistência à compressão do concreto, dentre eles podem-se relacionar alguns dos principais: variabilidade do cimento, dos agregados, da água, dos aditivos e da proporção relativa desses materiais; qualidade e operação dos equipamentos de dosagem e mistura; eficiência das operações de ensaio e controle (HELENE; TERZIAN, 2001).

Já outro autor (NEVILLE, 1997), afirma que um concreto em certa idade, curado em água a uma temperatura estabelecida, sua resistência depende apenas do fatore água/cimento e o grau de adensamento. Desta forma, acredita-se que sua resistência é inversamente proporcional a relação água/cimento, como podemos ver na figura 1.

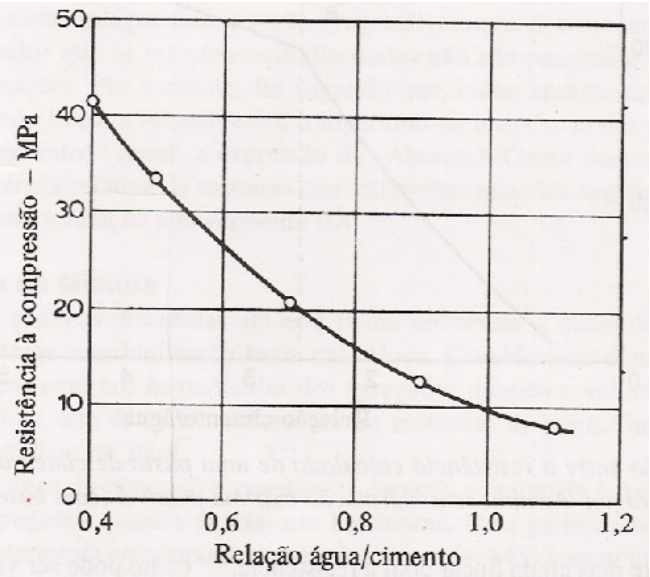

Figura 1: Relação entre resistências a 7 dias de idade em relação a água /cimento de concretos feitos com cimento ARI.

Fonte: Propriedades do Concreto de Adam M. Neville, 1997.

A resistência para qualquer relação água/cimento depende do grau de hidratação do cimento e das suas propriedades físicas e químicas, da temperatura à qual tem lugar à hidratação, do teor de ar do concreto, e, também, das variações da relação água/ cimento efetiva e da fissuração devida à exsudação. Também são importantes o teor de cimento do concreto e as propriedades da interface agregado-pasta de cimento (NEVILLE, 1997).

2.4 CIMENTO

Petrucci (1998) destaca que o Cimento Portland resulta de um produto denominado clínquer, obtido pelo cozimento até a fusão incipiente de uma mistura de calcário e argila convenientemente dosada e homogeneizada, de tal forma que toda cal se combine com os compostos argilosos, sem que, depois do cozimento, resulte cal livre em quantidade prejudicial. Após a queima, é feita pequena adição de sulfato de cálcio, de modo que o teor de S03 não ultrapasse 3,0%, a fim de regular o tempo de início das reações do aglomerante com a água.

O cimento quando misturado com a água, hidrata-se, formando uma massa gelatinosa, finamente cristalina, também conhecida como "gel". Esta massa, após contínuo processo de cristalização, endurece, oferecendo então elevada resistência mecânica. Com isso pode-se dizer que água tem um papel de destaque dentro da engenharia do concreto tão importante, que a relação entre o peso da água e o peso do cimento dentro de uma mistura recebeu um nome de fator água cimento (A/C). A água deve ser empregada na quantidade estritamente necessária para envolver os grãos, permitindo a hidratação e posterior cristalização do cimento (PETRUCCI, 1968).

Quando o objetivo é adquirir resistência na primeira idade, será de fundamental acuidade a característica referida quanto à finura do cimento, pois de acordo com Bauer, a finura, está relacionada com o tamanho dos grãos (Superfície específica), estando diretamente ligado à velocidade de reação de hidratação reduzindo com isso a exsudação e outros tipos de segregação, alem de possuir vantagens como: aumento da impermeabilidade, da trabalhabilidade e a coesão, diminuição da expansão em autoclave (BAUER, 1998**).**

Conforme Isaia (1988, p.23):

> De um modo geral, as principais características fisicas dos cimentos que influem no desempenho do concreto estão ligadas à resistência da argamassa normal, à finura e ao tempo de início e fim de pega. Estas características praticamente definem a qualidade do cimento em estruturas normais. A análise química somente é exigida quando o cimento apresentar comportamento anormal como variação no tempo de pega, retração ou expansão exagerada, etc.

No Brasil são encontrados os seguintes tipos de cimento: Cimento Portland Comum (CP / ABNT, 1980, NBR 5732) - subdividido em CP 25, CP 32 e CP 40 (MPa); Cimento Portland de Alta Resistência Inicial (CP-ARI - ABNT, 1980, NBR5732); Cimento Portland de

Alto Fomo (CP-AF / ABNT, 1980, NBR 5735) - subdividido em duas classes AF 25 e AF 32 (MPa); Cimento Portland Pozolânico (CP-POZ / ABNT, 1980, NBR 5736) - subdividido em duas classes POZ 25 e POZ 32 (MPa); Cimento Portland Resistente a Sulfatos (CP-MRS / ABNT, 1977, NBR 5737) - subdividido duas classes: Moderada Resistência a Sulfatos (MRS) e Alta Resistência a Sulfatos (ARS); Cimento Portland Branco (CP-CPB / ABNT, 1980, NBR 5732); e Cimento Colorido (TARTUCE; GIOVANNETTI, 1990).

De acordo com Neville (1997), o ARI - Cimento de Alta Resistência Inicial (cimento utilizado na pesquisa), desenvolve a resistência mais rapidamente, sua velocidade de pega é semelhante ao do cimento comum, conforme a BS 12: 1991, o início de pega é aos 45 minutos e o fim de pega não é mais especificado. Na prática, o ARI tem uma finura maior do que o cimento Portland comum. Os cimentos tipo III da ASTM têm área específica, determinada pelo método Blaine, de 450 m2/kg a 600 m2/kg, ao passo que os cimentos tipo I têm 300 m^2/kg a 400 m^2/kg. A maior finura aumenta significativamente a resistência das 10 h até às 20 h, persistindo essa diferença até cerca de 28 dias. Em iguais condições de cura em água, as resistências se igualam à idade de 2 meses a 3 meses, mas, com o tempo, o aumento de resistência dos cimentos com menor finura ultrapassa a dos cimentos de maior finura.

O mesmo autor ressalta que o uso de cimento de alta resistência inicial é indicado onde se necessita uma evolução rápida da resistência, por exemplo, quando as fôrmas devem ser removidas logo para reutilização ou quando se necessita de uma certa resistência para prosseguimento da construção, a alta resistência inicial significa grande desprendimento de calor de hidratação, esse cimento não deve ser usado em concreto massa ou em peças estruturais com grandes dimensões. Por outro lado, o uso de concreto com grande velocidade de desprendimento de calor pode ser satisfatório contra os danos por congelamento às primeiras idades em construções em temperaturas baixas.

2.5 PEGA

A pega é mudança do estado fluido para um estado rígido onde a pasta adquire uma certa resistência, no entanto, é importante distinguir pega de endurecimento, que se refere ao aumento de resistência de uma pasta de cimento depois da pega. Para determinação do início e fim de pega é utilizando o aparelho de Vicat (com agulha de Vicat), conforme NBR 11581 (NEVILLE, 1997).

Conforme Neville (1997),

> aparentemente a pega é causada por uma reação seletiva de compostos do cimento: os dois primeiros a reagirem são o C3A e o C3S. A propriedade de pega instantânea do primeiro foram mencionadas na seção precedente mas a adição de gesso retarda a formação de aluminato de cálcio hidratado, e, assim, o C3S dá pega antes C3S puro adicionado à água também apresenta um início de pega mas o C2S endurece de um modo mais gradativo. Em um cimento adequadamente retardado, o arcabouço da pasta de cimento hidratada é constituído pelo silicato de cálcio hidratado, ao passo que, se o C3A se hidrata antes, se formaria um aluminato de cálcio hidratado bem poroso restante dos compostos do cimento se hidrataria neste arcabouço poroso e as características de resistência da pasta de cimento seria bastante prejudicadas.

Não somente a rapidez do desenvolvimento de produtos cristalinos, a formação de películas em torno dos grãos de cimento e uma coagulação conjunta dos componentes da pasta também têm sido sugeridas como fatores da evolução da pega. No entanto, o tempo de pega do cimento diminui com o aumento da temperatura, mas, acima de 30°C, pode-se observar um efeito inverso, sendo que em temperaturas baixas a pega é retardada (NEVILLE, 1997).

2.6 AGREGADOS

Agregado são materiais que podem ser de origem natural ou artificial e que devido a sua rigidez, pode ser considerado o "esqueleto" do concreto, sua junção é formada através da pasta de cimento, sendo um maciço granular do qual não possui forma nem volume marcante, de regra inerte, com tamanhos variados, possuindo qualidades para o uso em obras de engenharia (TARTUCE; GIOVANETTI, 1990).

Os agregados formam entre 60 à 75% do volume total de concreto, assumindo funções importantes dentro do concreto e da argamassa, quer seja do ponto de vista econômico e técnico, pois é o material mais econômico da mistura, possui influência benéfica quanto à retração, à resistência (100 a 250 Mpa) e ao desgaste. O tamanho, a densidade e a forma dos seus grãos podem definir várias das características desejadas em um concreto (TARTUCE; GIOVANETTI, 1990).

Com relação ao tamanho dos grãos, os agregados podem ser divididos em graúdos e miúdos, sendo considerado graúdo, todo o agregado que fica retido na peneira de número 4 (malha quadrada com 4,8 mm de lado) e miúdo o que consegue passar por esta peneira. Outro fator que define a classificação dos agregados é sua massa específica aparente, onde podemos dividi-los em leves (argila expandida, pedra-pomes, vermiculita), normais (pedras britadas, areias, seixos) e pesados (hematita, magnetita, barita).

Devido à importância dos agregados dentro da mistura, vários são os ensaios necessários para sua utilização, e servem para definir sua granulometria, massa específica real e aparente, módulo de finura, torrões de argila, impurezas orgânicas, materiais pulverulentos, etc.

A ABNT (Associação Brasileira de Normas Técnicas) é o órgão que define estes ensaios e suas formas de execução. Os resultados dos mesmos vão implicar na aprovação dos agregados para sua utilização no concreto.

2.7 ÁGUA DE AMASSAMENTO

A água usada para a fabricação do concreto não poderá conter impurezas, que prejudiquem as reações dos componentes que o integram, permitindo apenas pequenas quantidades de impurezas (menos que 200 partes por milhão de sólidos dissolvidos), que não apresentam efeitos danosos (BAUER, 1998).

Quando a água usada apresentar características inadequadas devem ser feitos ensaios, para descobrir a influência das impurezas, sobre o tempo de pega, a resistência mecânica e a estabilidade de volume, podendo ainda causar eflorescências na superfície do concreto e corrosão das armaduras.

Diversas são as patologias que as substâncias indesejadas incorporadas à água de amassamento podem causar no concreto, mas muitas vezes estas substâncias são menos nocivas, do que quando adicionamos a água em excesso à mistura. O uso indiscriminado desse componente do concreto pode provocar reduções significativas na sua resistência e impermeabilidade. De nada adianta um projeto estrutural bem elaborado se o concreto não obtiver a resistência prevista (PETRUCCI, 1968).

2.8 ADITIVOS

Aditivos são produtos que, adicionados ao concreto e argamassas de cimento Portland ou aglomerantes compatíveis, facilitam a sua utilização, modificam e/ou melhoram algumas de suas propriedades, apropriando as determinadas condições. Os aditivos são empregados na produção de concretos, argamassas e artefatos de cimento, adequando-os à tecnologia de aplicação e melhorando seu desempenho mecânico e de resistências às solicitações físicas e químicas, tornando-os mais econômicos e duráveis. Para tanto, os aditivos deverão ser convenientemente selecionados, testados e dosados (NBR 11768).

Alves (1977, p. 55) argumenta: “O aditivo não tem por função corrigir as deficiências que por ventura um concreto tenha, como um mal proporcionamento, um mal adensamento e, de um modo geral, uma má fabricação do concreto.”

A classificação dos aditivos pode ser baseada nas suas causas e efeitos: aditivos destinados a melhorar a trabalhabilidade do concreto (plastificantes redutores, incorporadores de ar e dispersantes ou fluidificantes); modificadores das resistências mecânicas (redutores plastificantes); modificadores das resistências do concreto a condições especiais de exposição (incorporadores de ar); modificadores de tempo de pega e endurecimento (retardadores e aceleradores); impermeabilizantes (repelentes a absorção capilar e redutores de permeabilidade); expansores (geradores de gás, estabilizadores de volume e geradores de espuma); adesivos; anticorrosivos, corantes, fungicidas, germicidas e inseticidas) (BAUER, 1998).

O mesmo autor comenta que o sucesso na escolha e no emprego do aditivo, deve ser analisado sob diversos pontos, comparando o custo final do concreto com as características que se deseja obter através do aditivo, ou a aplicação de outra tecnologia construtiva, ou ainda alterando a dosagem inicialmente sugerida. Ciente dos resultados verdadeiros do aditivo ou da combinação de aditivos no concreto a ser disposto e no emprego das condições particulares de cada obra. Os ensaios genéricos de laboratório não são satisfatórios, mas são considerados muito importantes e concebem um grande auxílio, não dispensando sobretudo nas ocorrências mais delicadas, a julgar os efeitos do bom emprego do aditivo nas condições reais da obra. Deve-se ter o cuidado também com a mão de obra empregada, e a reputação do fabricante do aditivo.

O tempo de início e fim de pega é de fundamental importância para o concreto, pois é através destes fatores que se tem idéia do tempo disponível para trabalhar, transportar e lançar argamassas e concretos, bem como transitar sobre os mesmos ou rega-los para execução da cura (PETRUCCI, 1968).

Os aditivos do tipo C, são designados como aceleradores, têm a função de acelerar a evolução da resistência inicial do concreto durante o endurecimento. O aceleradores podem ser usados quando o concreto deve ser aplicado em temperaturas baixas, por exemplo, de 2°C a 4°C, na produção de concreto pré-moldado (quando se necessita de desforma rápida) ou em serviços de reparos urgentes. Outras vantagens do uso de aceleradores são as possibilidades de antecipação do acabamento da superfície do concreto e da aplicação de isolação para proteção bem como a colocação antecipada de uma estrutura em serviço (NEVILLE, 1997).

Neville (1997), afirma também, que o uso de aceleradores em altas temperaturas pode resultar grandes velocidades de desprendimento de calor de hidratação e fissuração por retração.

2.9 DOSAGEM

Dosagem pode ser definida como uma combinação adequada e econômica dos constituintes do concreto, que possa ser usada para a primeira mistura experimental com vistas a produzir um concreto que possa estar próximo daquele que consiga um bom equilíbrio entre as várias propriedades desejadas ao menor custo possível.

O traço pode ser quantificado em volume ou em peso, muitas vezes, adota-se uma indicação mista: o cimento em peso e os agregados em volume. Seja qual for a forma, toma-se sempre o cimento como unidade, e relacionam-se as demais quantidades à quantidade de cimento como referência (PETRUCCI, 1968).

Existem dois tipos de dosagem a empírica e a racional. Na empírica o proporcionamento do concreto é realizado arbitrariamente, baseando na tradição e nos conhecimentos anteriores do construtor, sendo uma maneira inadequada de proporcioná-lo. Já a dosagem racional ou experimental, se diferencia da anterior, pois os materiais constituintes e o produto resultante são previamente ensaiados em laboratório, tendo por base os seguintes métodos: ITERS, INT, ABCP, IPT.

2.10 CONCRETO PRÉ-MOLDADO

Conforme entrevista com José Z.F. Diniz em IBRACON (2006), ele cita a definição dos pré-fabricados, como sendo o elemento concretado fora de seu lugar de uso na estrutura final. Este método construtivo é feito através de elementos ligados por articulações fixas ou móveis. As peças pré-moldadas são montadas a seco, sobre argamassa, sobre almofadas de elastômeros, livres para se movimentar, ou fixas através de pinos ou outro dispositivo. Outra alternativa é a solidarização, ou seja, as peças pré-moldadas são montadas na condição de articulação e posteriormente são ligadas entre si com o elemento de suporte através de concretagem no local, proporcionando continuidade da estrutura através de armadura passiva ou ativa de várias maneiras, dependendo da situação local. O elemento-chave do pré-moldado,

de onde advêm suas vantagens, é a repetitividade do processo de construção das peças, que permite a racionalização da construção e, conseqüentemente, a redução de tempo e custos.

Estas estruturas são encontradas em empresas especializadas, ou feitas na própria obra, para serem montadas no momento oportuno. A decisão de produzi-las na própria obra depende sempre de características específicas de cada projeto, pois o grande empecilho de se trabalhar com este sistema é a movimentação das estruturas, que muitas vezes em função do tamanho e do peso das peças só poderão ser movimentadas com equipamentos hidráulicos, o que poderá inviabilizar o uso de elementos pré-fabricados.

Desta forma é de essencial acuidade, portanto, um estudo prudente dos valores que envolvem movimentação, dimensões das estruturas, aquisição de formas, tempo de execução, espaço no canteiro, equipamentos disponíveis, controle tecnológico, acabamento e qualidade.

3 MATERIAIS E MÉTODOS

3.1 CLASSIFICAÇÃO DO ESTUDO

A pesquisa é de ordem experimental, quantitativa, uma vez que foram realizados ensaios em laboratório com propósito de avaliar a resistência de primeira vida de um concreto convencional, com aplicação de aditivos aceleradores de pega, dosados em diferentes teores e diferentes idades.

3.2 PROCEDIMENTO DE COLETA DE DADOS

As atividades práticas deste trabalho foram realizadas no Laboratório de Engenharia Civil da UNIJUI, os procedimentos para realização das dosagens foram feitos a partir dos métodos do IPT, com a realização dos seguintes ensaios: caracterização dos materiais, estudo de dosagem, ensaios a partir de dois traços (25 MPa e 40 MPa) dos quais foram incorporados quatro teores de aditivo acelerador de pega e avaliado sua resistência em diferentes idades.

3.2.1 Caracterização dos Materiais

Conhecer as características dos materiais é de grande importância, pois estes influenciam diretamente no processo de dosagem do concreto tanto fresco como endurecido. A seguir são mostrados a caracterização dos materiais e o aditivo utilizado.

3.2.1.1 Caracterização do Cimento ARI

a) Finura do Cimento: Este ensaio tem por objetivo determinar o grau de finura do cimento com peneira ABNT nº 200, conforme a norma NBR 11579. Os resultados podem ser vistos na Tabela 1.

Tabela 1

Determinação da finura do cimento.

Peneira nº 200		**Temperatura ambiente: 25ºc**	
Peso da amosta (g)	**Peso retido (g)**	**Finura (%)**	**Finura media (%)**
50	**0,33**	**99,34**	**99,52**
50	**0,30**	**99,70**	

b) Massa específica*:* É a massa da unidade de volume do material, determinado com o Frasco de Le Chatelier conforme a norma NBR NM 23. Conforme Tabela 2.

Tabela 2

Determinação da massa específica do cimento.

Período	**Temperatura do banho (ºc)**	**Leitura de volumes (cm^3)**	**Volume adotado (cm^3)**	**Peso do cimento (g)**	**Massa específica (g/cm^3)**	**Massa específica média (g/cm^3)**
INICIAL	**22º C**	**1,1**	**21,3**	**64**	**3,168**	**3,152**
FINAL	**21º C**	**21,3**				
INICIAL	**22º C**	**0,9**	**21,3**	**64**	**3,137**	
FINAL	**21º C**	**21,3**				

c) Massa unitária solta**:** A massa unitária solta do cimento é a relação entre o volume, e o peso do material (Tabela 3).

Tabela 3

Determinação da massa unitária solta do cimento.

Volume interno da caixa (dm^3)	**Peso da caixa vazia (kg)**	**Peso da caixa com cimento (kg)**	**Peso líquido do cimento (kg)**	**Média do peso líquido (kg)**	**Densidade média (kg/dm^3)**
1,93	**2,10**	**4,17**	**2,07**	**2,04**	**1,31**
		4,13	**2,03**		
		4,11	**2,01**		

d) Consistência da pasta**:** Determina-se a consistência da pasta, utilizando o aparelho de Vicat (com a sonda de Tetmajer), segundo a norma NBR 11580. Os resultados podem ser vistos na Tabela 4.

Tabela 4

Determinação da consistência da pasta

Quantidade de cimento (g)	**Quantidade de água (g)**	**Medida da sonda (mm)**
500	**141**	**6**

.

e) Tempos de pega**:** Com este ensaio é determinado o tempo de início e fim de pega para o cimento. Este ensaio é realizado conforme a norma NBR 11581 utilizando o aparelho de Vicat (com agulha de Vicat). Os resultados são apresentados na tabela 5.

Tabela 5

Determinação do tempo de início e fim de pega para o cimento.

Temperatura ambiente 23 ºC							
Peso cimento 500g					**Quantidade de água 141g**		
Hora de lançamento da água 11:20							
Leitura nº	**1**	**2**	**3**	**4**	**5**	**6**	**7**
Leitura da altura (mm)	**1**	**2**	**10**	**27**	**31**	**37**	**38**
Tempo (h,min)	**13:30**	**13:45**	**14:05**	**14:25**	**14:35**	**14:45**	**14:50**

3.2.1.2 Caracterização do Agregado Miúdo

a) Composição Granulométrica**:** O ensaio de determinação da composição granulométrica foi realizado conforme a norma NBR 7217. Consiste em separar os grãos da areia conforme o tamanho, através do peneiramento, após pesado cada parte, faz-se a soma das porcentagens retidas acumuladas das peneiras da série normal, chegando ao módulo de finura (Anexo 01).

b) Massa específica (Chapman): É a massa por unidade de volume do material, determinado com o Frasco de Chapman conforme a norma NBR 9776. Os resultados podem ser vistos na Tabela 6.

Tabela 6

Determinação da massa específica da areia.

Massa específica – Chapman		
Leitura final (cm^3)	**Leitura média (cm^3)**	**Massa Específica (g/cm^3) 500/(L-200)**
394	**393,5**	**2,583**
393		

c) Massa unitária solta**:** Determina-se a massa unitária solta da areia, que consiste no quociente da massa do agregado lançado no recipiente de acordo com o estabelecido na norma NBR 7251 e o volume do recipiente (Tabela 7).

Tabela 7

Determinação da massa unitária solta da areia.

Volume interno da caixa (dm^3)	**Peso da caixa vazia (Kg)**	**Peso líquido da areia (Kg)**	**Média do peso líquido (Kg)**	**Densidade média (g/cm^3)**
20	**8,66**	**29,64**	**29,993**	**1,499**
		30,05		
		30,29		

3.2.1.3 Caracterização do Agregado Graúdo

a) Composição granulométrica**:** O ensaio de determinação da composição granulométrica foi realizado conforme a norma NBR 7217. Consiste em separar a brita

conforme o tamanho, através do peneiramento, após pesado cada parte retida nas peneiras, faz-se a soma das porcentagens retidas acumuladas das peneiras da série normal, chegando ao módulo de finura (Quadro 1).

Quadro 1

Determinação da composição granulométrica da brita

COMPOSIÇÃO GRANULOMÉTRICA - NBR 7217								
PENEIRAS		1º DETERMINAÇÃO		2º DETERMINAÇÃO		% RETIDA MÉDIA	% RETIDA ACUMULADA	
Nº	mm	PESO RETIDO (g)	% RETIDA	PESO RETIDO (g)	% RETIDA			
3"	76							
11/2"	64							
2"	50							
11/2"	38							
11/4"	32							
1"	25							
3/4"	19							
1/2"	12,5	2586	52,120	2464	49,100	50,610		50,610
3/8"	9,5	1229	24,770	1455	28,990	26,880	77,490	
1/4"	6,3	1039	20,940	965	19,230	20,085		97,575
4	4,8	63,59	1,280	78,99	1,570	1,425	99,000	
8	2,4	18,1	0,360	17,81	0,350	0,355	99,355	
16	1,2	1,65	0,030	2,23	0,040	0,035	99,340	
30	0,6	0,74	0,020	0,91	0,020	0,020	99,410	
50	0,3	0,88	0,020	1,2	0,020	0,020	99,430	
100	0,15	1,34	0,030	2,94	0,060	0,045	99,475	
FUNDO	<0,15	21,17	0,430	31,26	0,620	0,525		
TOTAL		4961,47	100,000	5019,34	100,000	100,000	673,50	
DIÂMETRO MÁXIMO (mm):			**19**	MÓDULO DE FINURA:			**6,735**	

b) Massa específica Absoluta: Utilizado para a determinação da absorção e da massa específica nas condições seca e saturada superfície seca de agregado graúdo natural, conforme estabelecido na norma NBR 9937, visando sua aplicação nos estudos de dosagem e produção de concreto (Tabela 8).

Tabela 8

Determinação da absorção e da massa específica.

F g	Volume dm³ E - D	M-E-A dm³ B/F	G g	Absorção E - B	Absorção % (G/B) x 100
571,11		**3,03**		**39,48**	**2,27%**
553,93		**2,94**		**19,29**	**1,18%**
Média:		**2,98**		**29,38**	**1,72%**

c) Massa unitária solta: Determina a massa unitária solta da brita, que consiste no quociente da massa do agregado graúdo lançado no recipiente de acordo com o estabelecido na norma NBR 7251 e o volume do recipiente (Tabela 9).

Tabela 9

Determinação da massa unitária solta da brita.

Volume interno da caixa (dm^3)	Peso da caixa vazia (Kg)	Peso líquido da areia (Kg)	Média do peso líquido (Kg)	Densidade média (Kg/cm^3)
20	**8,66**	**39,97**	**31,083**	1,554
		39,67		
		39,59		

3.2.1.4 Aditivo Acelerador de Pega

O aditivo acelerador de pega utilizado foi da marca Degussa conforme apêndice 1

3.2.2 Estudo de Dosagem

Segundo Neville (1997), para conseguir misturas satisfatórias não basta calcular ou avaliar as quantidades dos materiais disponíveis, mas também é necessário que se façam misturas experimentais os quais auxiliam na dosagem ideal dos materiais.

3.2.2.1 Determinação do Teor de Argamassa

O teor de argamassa é de fundamental importância no estudo de dosagem, pois a falta da mesma pode ocasionar em falhas na concretagem ou porosidade no concreto, por outro lado o excesso de argamassa produz um concreto visivelmente melhor, no entanto seu preço e

mais elevado e estando mais sujeito a fissuração por origem térmica e por retração de secagem (HELENE, 2001).

Quadro 2

Determinação do teor de argamassa e fator A/C (inicial) para o traço 1:5

Traço Inicial				1 / 5			
Teor Inicial (%)				46			
Brita				20			
Fator A/C Inicial				0,53			
				Areia		Cimento	
Teor	Traço Unitário			Massa Total	Acréscimo na Mistura	Massa Total	Acréscimo na Mistura
%	(1:a:p)			kg	kg	kg	kg
46	1	2	3,5	11,34	1,21	8,55	0,33
48	1	2,1	3,4	12,54	1,30	8,88	0,36
50	1	2,3	3,3	13,85	1,41	9,23	0,38
52	1	2,4	3,1	15,26	1,53	9,62	0,42
54	1	2,5	3	16,79	1,67	10,03	0,46
56	1	2,6	2,9	18,46	1,83	10,49	0,50
TEOR DE ARGAMASSA ADOTADO%: 48							
FATOR A/C FINAL: 0,48							

O estudo experimental foi realizado a partir do traço 1:5 (Quadro 2), no qual através desta mistura foram realizadas varias tentativas com observações práticas, verifica-se a trabalhabilidade com o objetivo de determinar o teor de ideal de argamassa e um fator água/cimento (inicial). Estes serviram de apoio para a execução dos 4 traços auxiliares.

3.2.2.2 Determinação dos Traços Auxiliares

Com base nas informações obtidas (fator A/C e teor de argamassa) foram desenvolvidos mais três traços auxiliares de acordo com a Tabela 10, dos quais a mistura era realizada utilizando primeiramente 80% da quantidade de água prevista, verificando-se a trabalhabilidade (NBR 7223, 1982) e a necessidade da adição de mais água (Figura 2). O intervalo do abatimento ficou em 8 ± 1. Foram moldados 5 corpos de prova para cada traço, verificando-se sua resistência aos 7 e 28 dias e determinado o fator água Água/Cimento de cada mistura (Tabela 11).

Tabela 10

Traços auxiliares

Traços	Traços Auxiliares Unitários			Traços auxiliares MOLDAGEM		
	cimento	areia	pedra	cimento	areia	pedra
1/ 4	1	1,4	2,6	17,80	24,92	46,28
1/ 5	1	1,9	3,1	14,83	27,89	46,28
1/ 6	1	2,4	3,6	12,71	30,01	46,28
1/ 7	1	2,8	4,2	11,13	31,60	46,28

Figura 2: Verificação da trabalhabilidade.

Tabela 11

Média das resistências em MPa aos 7 e 28 dias e o Fator A/C.

Idades	Traço.1:4	Traço.1:5	Traço.1:6	Traço.1:7
7	44,08	39,82	32,15	25,60
28	55,18	46,15	40,96	34,28
A/C	0,417977528	0,489548213	0,560188828	0,64690027

3.2.2.3 Cálculo do Fator A/C para os Traços do Concreto A (25MPa) e B (40MPa)

De acordo com Helene (2001) a determinação da correlação existente entre o fator Água/Cimento e a resistência à compressão axial aos 28 dias, é de extrema importância para a definição do traço inicial. Nesta pesquisa foram utilizados os traços para 7 dias.

Para a determinação dos traços e do fator Água/Cimento do concreto A e B utilizou-se os resultados obtidos na tabela 10 (fator A/C e Resistência), a seguir é apresentado os cálculos.

Quadro 3

Indicação do teor de argamassa das resistências, dos traços e dos fator A/C

Teor de Argamassa = 48%		
Resistência	Traço	Fator A/C
40 MPA	1:4,77	0,471
25 MPA	1:7,13	0,664

$$H = \left(\frac{x \,.\, 100}{1 + m} \right)$$

$$m = \left(\frac{x \,.\, 100}{H} \right) - 1$$

$$m = \left(\frac{0,471 \;\; .100}{8,17} \right) - 1$$

$$m = 4,77$$

$$m = \left(\frac{0,664 \;\; .100}{8,17} \right) - 1$$

$$m = 7,13$$

Equação 1: Determinação do m

$$fc = \frac{A}{B^{\frac{a}{c}}} =$$

$$y = \frac{A}{B^{x}} =$$

$$y = \frac{126,01}{11,415^{0,664}} = 25 \;\; MPa$$

$$y = \frac{126,01}{11,415^{0,471}} = 40 \;\; MPa$$

Equação 2: Determinação da resistência

3.2.3 Moldagem dos Corpos de Prova

Para a realização das moldagens, o material era pesado (cimento, areia, brita, água e aditivo) de acordo com cada dosagem, em seguida a betoneira recebia uma imprimação e era colocada a brita, seguido da colocação de parte da água e misturado por alguns minutos. Colocava-se então o cimento, que também permanecia por alguns instantes misturando. Por fim, eram então colocados a areia e o aditivo diluído no restante da água.

A amostra ficava girando na betoneira por 8 minutos, até a sua completa homogeneização. A seguir era verificada a consistência da mistura através do ensaio de abatimento do tronco de cone.

Verificada a sua consistência, o concreto era lançado aos moldes previamente submetidos a um desmoldantes. O adensamento era realizado com vibrador de imersão de 25 mm. Depois de vibrados, os corpos de prova eram rasados e conduzidos a uma sala com temperatura controlada em ± 23ºC, onde ficavam por aproximadamente 24 hs para posteriormente serem desmoldados, medido o seu diâmetro e levados a câmera úmida até a sua idade de rompimento.

3.2.4 Rompimento

Os corpos de prova, ao serem retirados da câmera úmida, eram submetidos a um capeamento para que suas faces fossem niveladas, fato este essencial para o rompimento dos mesmos.

As rupturas foram feitas na prensa (Figura 3) do laboratório de Engenharia Civil da UNIJUI, as mesmas eram realizadas ao longo das respectivas idades já citadas anteriormente. As leituras foram registradas conforme anexo 1.

Figura 3: Prensa rompendo um CP.

4 ANÁLISE E INTERPRETAÇÃO DOS DADOS

Este capítulo apresenta os resultados e a análise dos ensaios experimentais realizados conforme procedimentos propostos.

Os dados foram analisados com auxílio do *software* EXCEL e apresentados em forma de gráficos e/ou tabelas que mostram de maneira mais clara os resultados obtidos nos experimentos. Esta representação possibilita uma visão global do comportamento da resistência às primeiras idades do concreto.

4.1 RESISTÊNCIA À COMPRESSÃO DO CONCRETO A E B

Conforme Helene e Terzian (2001) o objetivo maior do controle da resistência à compressão do concreto é a obtenção de um valor potencial. Para tanto após o estudo de dosagem, foram determinados dois traços; um de 1:7,13 (referida no texto como concreto A) e outra de 1:4,77 (referida no texto como concreto B).

A forma mais usual de medir a resistência do concreto é através da moldagem e ensaio de corpos-de-prova padronizado, que determinam a sua resistência potencial. Foram moldados 16 corpos de prova de cada traço com a adição das diferentes teores de aditivos, conforme quadro 3.

Quadro 3

Traços dos concretos com os diferentes teores de aditivo e o número de corpos de prova moldados

Traços	Nº de corpos de prova	% de Aditivo
1:7,13	16	0
1:4,77	16	0
1:7,13	16	1
1:4,77	16	1
1:7,13	16	2,5
1:4,77	16	2,5
1:7,13	16	4
1:4,77	16	4

O rompimento dos corpos de prova de cada dosagem foi realizado em 2, 3, 4, 5, 6, 7, e 28 dias de idade demonstrando as resistências de cada idade e teor de aditivo. Estes dados foram apontados em planilhas (Anexo 1) das quais emergem os resultados a seguir.

4.1.1 Resistência à Compressão do Concreto A (1:7,13)

No concreto A, a resistência de dosagem foi de 25MPa. Considerando esta resistência os resultados dos ensaios são analisados abaixo.

A Figura 4 mostra graficamente os resultados obtidos a partir da resistência à compressão axial dos corpos de prova moldados com o Concreto A. Neste caso pode-se perceber um crescimento da resistência ao longo da idade e do percentual de aditivo que foi aumentando gradativamente.

Observa-se que aos 7 e 28 dias todos as misturas, independente do uso de aditivo, a resistência chegou a 25 MPa conforme esperado a partir do estudo de dosagem. Se analisado a idade de seis dias com 1% de aditivo a resistência foi superior a 25 MPa. Outro fato relevante é que aos 5 e 6 dias com os teores de 2,5 e 4% alcançou a resistência de 25 MPa. Cabe ressaltar que até o quarto dia, nenhum das misturas chegou a resistência de 25 MPa.

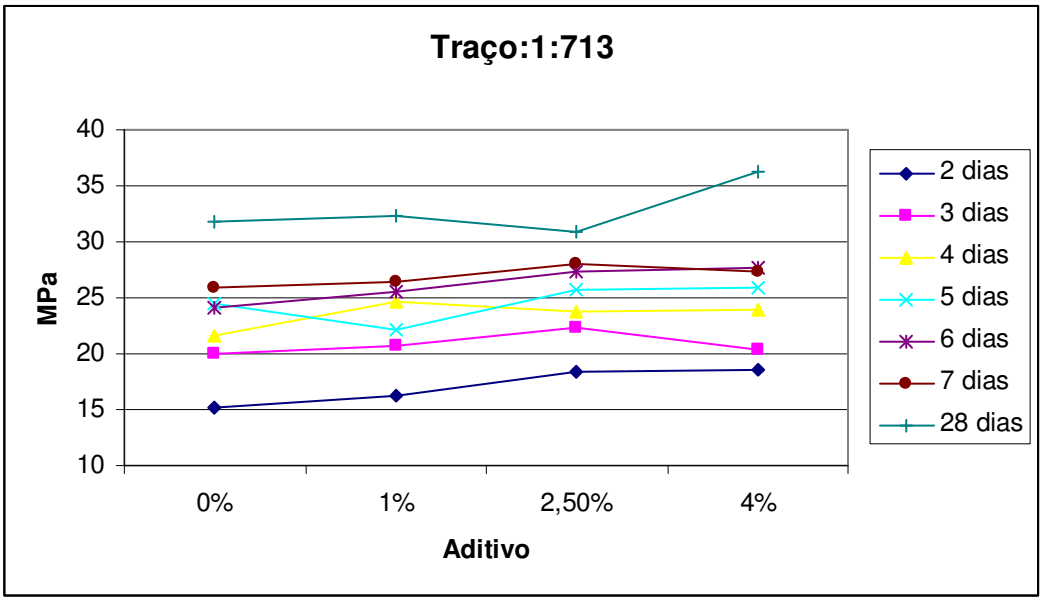

Figura 4: Resistência a compressão do traço de 1:7,13 em função dos teores de aditivos (0%, 1%,2,5% e 4%) para as diferentes idades 2,3,4,5,6,7 e 28 dias.

Na Tabela 12 representa-se os valores numéricos das resistências para os diferentes teores de aditivos e idades, e na Tabela 13 mostra a evolução percentual das resistências com relação a referência (0% de aditivo). Verifica-se (Tabela 12) que com teor de 2,5% acontece um crescimento acentuado no decorrer das idades. Observa-se, também que se compararmos o teor de aditivo 2,5% e de 4%, nas primeiras idades, a resistência é praticamente a mesma (Tabela 13) o que também é observado na evolução percentual. Isto demonstra que neste traço o teor de aditivo de 2,5 é suficiente.

Tabela 12

Resistência em MPa a compressão do traço de 1:7,13 nas idades de 2,3,4,5,6,7 e 28 dias com os diferentes teores de aditivos (0%, 1%,2,5% e 4%).

	Aditivo			
Dias	0%	1%	2,50%	4%
Dois	15,17	16,17	18,37	18,58
Três	19,94	20,78	22,41	20,28
Quatro	21,53	24,64	23,82	23,9
Cinco	24,43	22,09	25,68	25,94
Seis	24,1	25,62	27,37	27,71
Sete	25,82	26,39	27,96	27,32
Vinte e oito	31,81	32,3	30,91	36,17

Tabela 13

Evolução (em %) da resistência a compressão do traço de 1:7,13 nas idades de 2,3,4,5,6,7 e 28 dias com os diferentes teores de aditivos (1%,2,5% e 4%).

	% Aditivo		
Dias	1	2,50	4
Dois	6,59%	21,09%	22,48%
Três	4,21%	12,39%	1,71%
Quatro	14,44%	10,64%	11,01%
Cinco	-9,58%	5,12%	6,18%
Seis	6,31%	13,57%	14,98%
Sete	2,21%	8,29%	5,81%
Vinte e oito	1,54%	-2,83%	13,71%
Media ate 07 dias	4,03%	11,85%	10,36%

Pode-se afirmar que o aditivo influenciou na resistência do concreto A, nas primeiras idades como pode ser visto na figura 5, percebe-se também que esta resistência é elevada em função do teor de aditivo incorporado.

Percebe-se (Figura 4), que há uma queda de resistências em alguns momentos, não mantendo desta forma um crescimento linear ao longo das idades e do aumento do percentual de aditivo, fato este pode ser explicado em função do número baixo de amostra rompidas (2 CPs) em cada idade, o que tornou o estudo mais sensível a fatores inesperados, como mal adensamento ou má homogeneidade dos materiais da mistura.

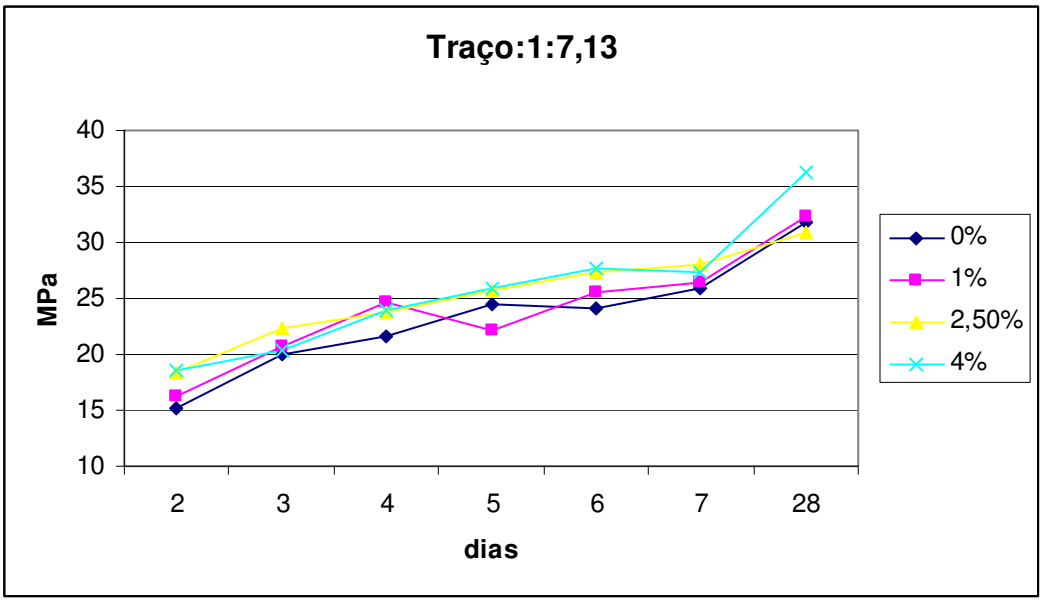

Figura 5: Resistência a compressão do traço de 1:7,13 em função das idades de 2,3,4,5,6,7 e 28 dias para diferentes teores de aditivos (0%, 1%,2,5% e 4%).

4.1.2 Resistência à Compressão do Concreto B (1:4,77)

No concreto B a resistência de dosagem foi de 40MPa, considerando esta resistência os resultados dos ensaios são analisados abaixo.

Na Figura 6 é demonstrado graficamente os resultados obtidos a partir das resistências a compressão axial do Concreto B. Neste pode-se perceber um crescimento da resistência ao longo da idade e do percentual de aditivo que foi aumentando gradativamente. Observa-se que com 1% de aditivo aos 6 e 7 dias a resistência chegou muito próximo de 40 MPa, e com 2,5% de aditivo a resistência aos 6 e 7 dias alcançou os 40MPa. Cabe ressaltar também que com 4% de aditivo (recomendado pelo fabricante), a partir do quarto dia todas as resistências ultrapassaram os 40MPa.

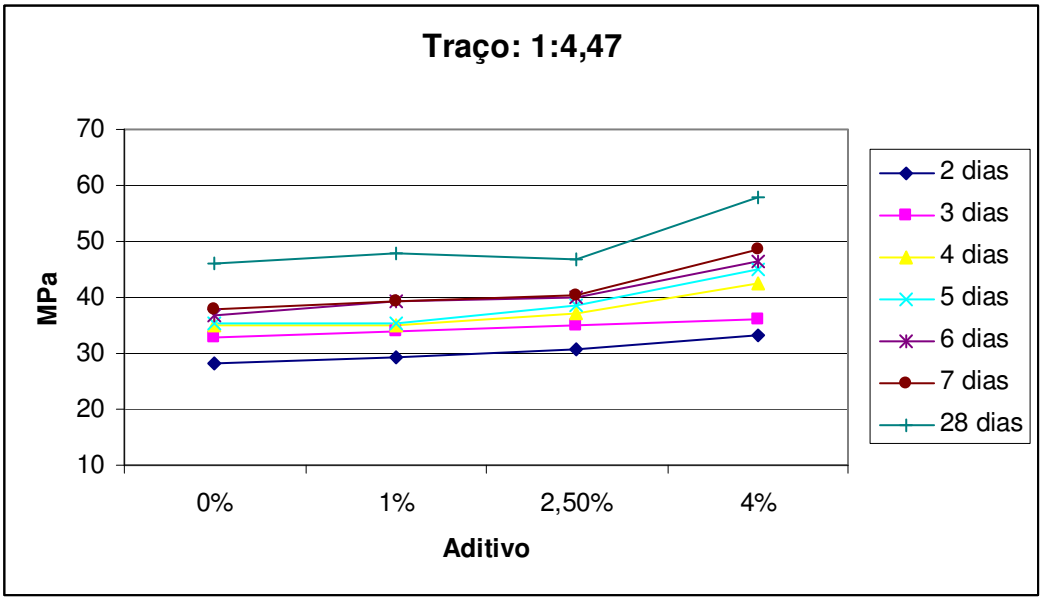

Figura 6: Resistência a compressão do traço de 1:4,47 em função dos teores de aditivos (0%, 1%,2,5% e 4% para diferentes idades de 2,3,4,5,6,7 e 28 dias)

Na Tabela 14 representamos os valores numéricos das resistências para os diferentes teores de aditivos e idades, e na Tabela 15 mostra a evolução em percentual das resistências com relação à referência (0% de aditivo). Nota-se (Tabela 16) que os percentuais de resistências em função do teor de aditivo crescem linearmente. Quando observado a média dos percentuais da evolução das resistências por teor de aditivo nas primeiras idades ocorre

uma evolução significativa, verificando que com 4% esta dosagem obteve melhor desempenho, evidenciando para este traço os 4% recomendados pelo fabricante.

Tabela 14

Resistência em MPa compressão do traço de 1:4,77 nas idades de 2,3,4,5,6,7 e 28 dias com os diferentes teores de aditivos (0%, 1%,2,5% e 4%)

	Aditivo			
Dias	0%	1%	2,50%	4%
Dois	28,39	29,19	30,67	33,39
Três	32,79	33,83	35,09	36,21
Quatro	35,02	35,16	37,02	42,54
Cinco	35,3	35,32	38,5	45,11
Seis	36,73	39,16	39,9	46,44
Sete	38,01	39,37	40,48	48,64
Vinte e oito	45,98	47,81	46,81	57,88

Tabela 15

Evolução (em %) da resistência a compressão do traço de 1:4,77 nas idades de 2,3,4,5,6,7 e 28 dias com os diferentes teores de aditivos (1%,2,5% e 4%).

	% Aditivo		
Dias	1	2,50	4
Dois	2,82%	8,03%	17,61%
Três	3,17%	7,01%	10,43%
Quatro	0,40%	5,71%	21,47%
Cinco	0,06%	9,07%	27,79%
Seis	6,62%	8,63%	26,44%
Sete	3,58%	6,50%	27,97%
Vinte e oito	3,98%	1,81%	25,88%
Media até 07 dias	3,58%	7,49%	21,95%

Pode-se afirmar que o aditivo influenciou na resistência do concreto B, aumentando significativamente nas primeiras idades como pode ser visto na figura 7. Percebe-se também que esta resistência é elevada em função do teor de aditivo incorporado.

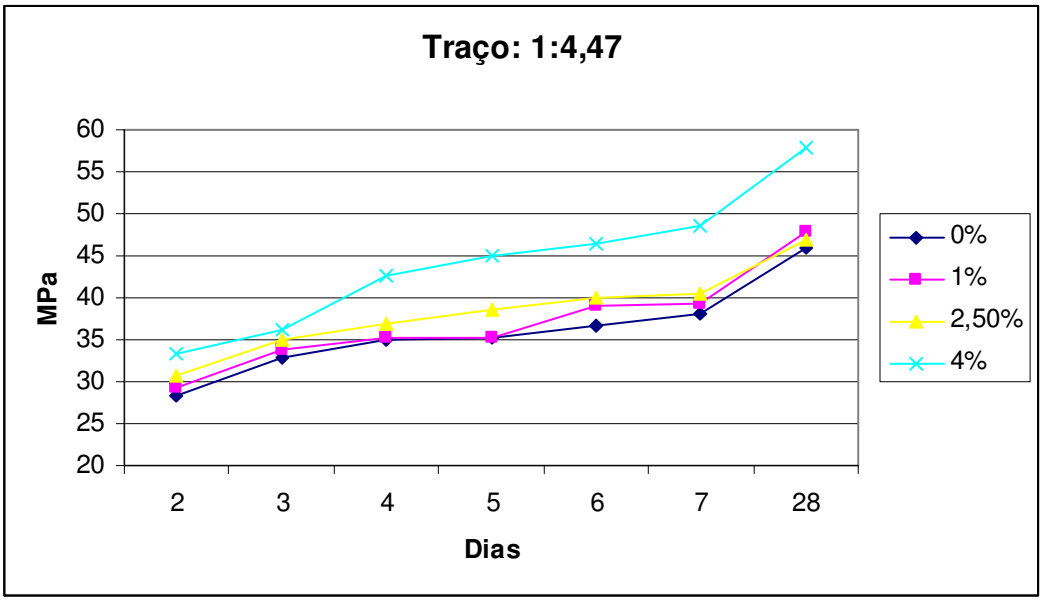

Figura 7: Resistência a compressão do traço de 1:4,77 em função das idades de 2,3,4,5,6,7 e 28 dias para diferentes teores de aditivos (0%, 1%,2,5% e 4%).

4.1.3 Avaliação da Influência do Aditivo nos Concretos A e B

O aditivo demonstrou que tem boa influência na resistência das primeiras idades, porem o mesmo trabalhou de forma diferenciada nos dois tipos de concreto, apresentando resultados com comportamento mais linear no concreto B. Este comportamento pode ser explicado pelo fato dele possuir o traço (1:4,77) mais rico em cimento, quando comparado ao traço do concreto A (1:7,13), possibilitando dessa forma que o aditivo seja melhor aproveitado pois ele age diretamente no cimento.

A Figura 8 mostra a evolução media (em %) da resistência a compressão nas idades de 2,3,4,5,6 e 7 dias com os diferentes teores de aditivos (1%,2,5% e 4%). Nela confirma-se que no concreto B se obteve um melhor desempenho, sendo que aumentando o teor de aditivo aumenta a resistência. Na mesma figura no concreto A verifica-se que com 2,5% de aditivo obteve-se uma evolução praticamente igual a de 4 % , mostrando que para traços mais pobres em cimento não existe a necessidade dos 4% recomendados pelo fabricante.

Pode-se observar também, que em ambas as misturas há um ganho maior de resistência aos 7 e 28 dias, o que comprova a influência do aditivo na resistência não somente nas primeiras idades, mas também em idades posteriores. Outro fato relevante é o ganho de resistência nas primeiras 24 horas, que mostrou grande potencial, aproximando-se as resistências desejadas (25 e 40MPa).

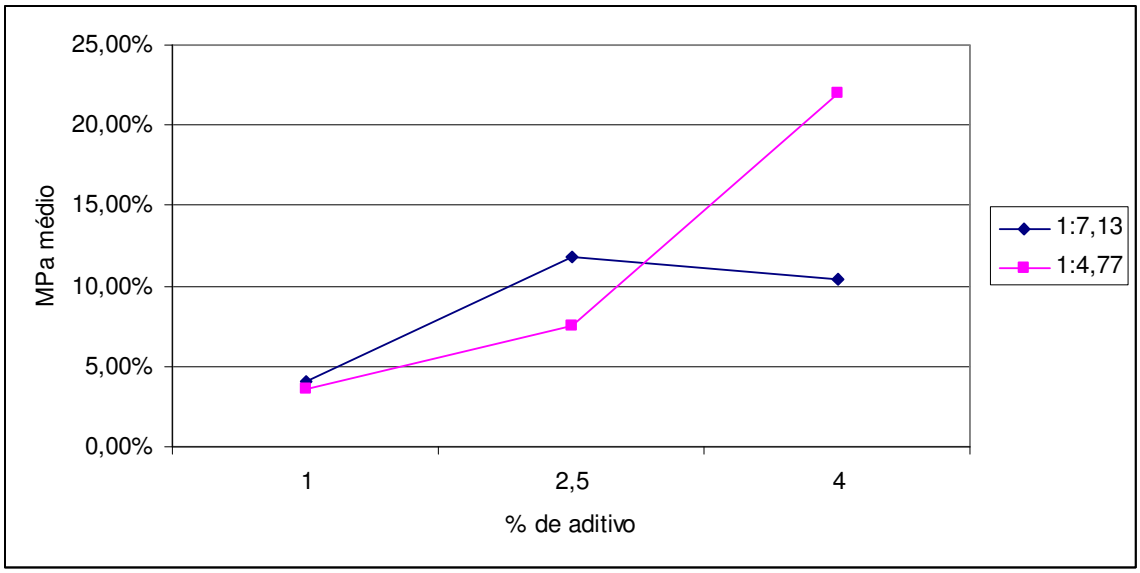

Figura 8: Evolução media (em %) da resistência a compressão nas idades de 2,3,4,5,6 e 7 dias com os diferentes teores de aditivos (1%,2,5% e 4%).

CONCLUSÃO E SUGESTÕES

O estudo possibilitou um maior entendimento do comportamento da resistência do concreto nas primeiras idades quando aplicado o aditivo. Constatou-se que o método de dosagem estudado possibilitou a utilização do aditivo, fornecendo boas respostas nas primeiras idades.

Observou-se que a resistência do concreto é influenciada por diversos fatores, dentre eles pode-se destacar o teor de aditivo, quantidade de cimento e a idade. No concreto B (1:4,77) obteve-se um desempenho melhor em função do seu traço ser mais rico em cimento, já no concreto A (1:7,13) com traço mais pobre em cimento obteve-se resultados menos lineares, mostrando que traços mais ricos em cimento possibilitam um maior desempenho do aditivo.

Pode-se afirmar que o aditivo influencia nas resistências das primeiras idades tendo um melhor comportamento aos 7 dias e também aos 28, o que mostra o desempenho do mesmo não somente durante as primeiras idades.

Outra constatação é o bom comportamento do aditivo durante a pega (24hs.), onde os resultados das resistências chegaram próximos as desejadas (25 e 40MPa), evidenciando a função do mesmo que é a de acelerar a pega. Desta forma seria de relevante importância a seqüência deste estudo no intuito de refinar a pesquisa considerando tempos menores (horas) e traços diferentes.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NOMAS TÉCNICAS. **NBR 7215**: Cimento Portland - Determinação da Resistência a Compressão. Rio de Janeiro, 1996.

_____.**NBR NM 23**: Cimento Portland - Determinação da Massa Específica. Rio de Janeiro, 1998.

_____.**NBR 7251**: Agregado em Estado Solto - Determinação da Massa Unitária: Método de Ensaio. Rio de Janeiro, 1982.

_____.**NBR 11579**: Cimento Portland - Determinação da Finura por Meio da Peneira 75 μm (n° 200). Rio de Janeiro, 1991.

_____.**NBR NM 76**: Cimento Portland - Determinação da Finura Pelo Método de Permeabilidade ao Ar (Método de Blaine). Rio de Janeiro, 1998.

_____.**NBR 11581**: Cimento Portland - Determinação dos Tempos de Pega: Método de Ensaio. Rio de Janeiro, 1991.

_____.**NBR 7211**: Agregados para Concretos. Rio de Janeiro, 1983.

_____.**NBR 7217**: Agregados - Determinação da Composição Granulométrica: Método de"Ensaio. Rió de Janeiro, 1987.

_____.**NBR 9776**: Agregados - Determinação da Massa Específica de Agregados Miúdos por Meio do Frasco de Chapman: Método de Ensaio. Rio de Janeiro, 1987.

_____.**NBR 9937**: Agregados - Determinação da Absorção e da Massa Específica de Agregado Graúdo: Método de Ensaio. Rio de Janeiro, 1987.

_____.**NBR 5733**: Cimento Portland de Alta Resistência Inicial. Rio de Janeiro, 1990.

_____.**NBR 5738:** Moldagem e Cura de Corpos de Prova Cilíndricos ou Prismáticos de Concreto: Procedimento. Rio de Janeiro, 1994.

_____.**NBR 5739**: Concreto - Ensaio de Compressão de Corpos de Prova Cilíndricos: Método de Ensaio. Rio de Janeiro, 1994.

_____.**NBR 6118**: Projeção e Execução de Obras de Concreto Armado. Rio de Janeiro, 1982.

_____.**NBR 7223**: Concreto - Determinação da Consistência pelo Abatimento Tronco Cone: Método de Ensaio. Rio de Janeiro, 1982.

ALVES, José Dafico. **Manual de Tecnologia do Concreto**. 3.ed. Rev. Goiânia: UFG, 1993.

BAUER, Luiz Alfredo Falcão. **Materiais de Construção**: 5.ed. Rio de Janeiro: ABDR Afiliada, 1994. v.1.

HELENE, Paulo; TERZIAN, Paulo. **Manual de dosagem e controle do concreto**. São Paulo: Pini, 2001. 349p.

IBRACON. Instituto Brasileiro do Concreto. Personalidade entrevistada. José Z.F. Diniz. São Paulo, n. 43, jun.jul.ago., 2006.

ISAIA, Geraldo Cechella. **Controle de Qualidade das Estruturas de Concreto Armado**. Santa Maria: UFSM, 1988.

PETRUCCI, Eládio G. **Concreto de Cimento Portland.** São Paulo: Associação Brasileira de Cimento Portland, 1968.

TARTUCE, Ronaldo; GIOVANNETTI, Edio. **Princípios Básicos sobre o Concreto de Cimento Portland.** São Paulo: Ibracon/Pini, 1990.

NEVILLE, Adam M. **Propriedades do Concreto.** Trad. Salvador E. Giammusso. 2.ed. São Paulo: Pini, 1997.

ANEXOS

ANEXO 1

COMPOSIÇÃO GRANULOMÉTRICA - NBR 7217								
PENEIRAS		1º DETERMINAÇÃO		2º DETERMINAÇÃO		% RETIDA MÉDIA	% RETIDA ACUMULADA	
Nº	mm	PESO RETIDO (g)	% RETIDA	PESO RETIDO (g)	% RETIDA			
3"	76							
11/2"	64							
2"	50							
11/2"	38							
11/4"	32							
1"	25							
3/4"	19							
1/2"	12,5	2586	52,120	2464	49,100	50,610		50,610
3/8"	9,5	1229	24,770	1455	28,990	26,880	77,490	
1/4"	6,3	1039	20,940	965	19,230	20,085		97,575
4	4,8	63,59	1,280	78,99	1,570	1,425	99,000	
8	2,4	18,1	0,360	17,81	0,350	0,355	99,355	
16	1,2	1,65	0,030	2,23	0,040	0,035	99,340	
30	0,6	0,74	0,020	0,91	0,020	0,020	99,410	
50	0,3	0,88	0,020	1,2	0,020	0,020	99,430	
100	0,15	1,34	0,030	2,94	0,060	0,045	99,475	
FUNDO	<0,15	21,17	0,430	31,26	0,620	0,525		
TOTAL		4961,47	100,000	5019,34	100,000	100,000	673,50	
DIÂMETRO MÁXIMO (mm):			**19**	MÓDULO DE FINURA:			**6,735**	

ANEXO 2

COMPRESSÃO AXIAL DE CP CILÍNDRICO DE CONCRETO									
Ensaio: 1.a		**Traço: 1 : 7,13** **0% de Aditivo** **fcj = 25MPa**							
moldagem		**data do ensaio**	**idade dias**	**Diâmetro Cm**		**área cm²**	**resistência ruptura**		**Media MPa**
data	**slump**			**medido**	**Médio**		**kgf**	**Mpa**	
01/03/07	9,5	**03/03/07**	2	10,05 9,94	9,995	78,4613	11900	**15,17**	15,17
02/03/07	9,5	**03/03/07**	2	10,08 10,07	10,075	79,72233	12090	**15,17**	
03/03/07	9,5	**04/03/07**	3	10,03 10,05	10,04	79,16939	16010	**20,22**	19,94
04/03/07	9,5	**04/03/07**	3	9,99 10	9,995	78,4613	15420	**19,65**	
05/03/07	9,5	**05/03/07**	4	10,1 10,1	10,1	80,11847	17250	**21,53**	21,53
06/03/07	9,5	**05/03/07**	4	9,9 10,14	10,02	78,85429	11410	**14,47**	
07/03/07	9,5	**06/03/07**	5	9,99 10,05	10,02	78,85429	19360	**24,55**	24,43
08/03/07	9,5	**06/03/07**	5	9,95 10	9,975	78,14761	19000	**24,31**	
09/03/07	9,5	**07/03/07**	6	9,98 10,03	10,005	78,61838	19050	**24,23**	24,10
10/03/07	9,5	**07/03/07**	6	9,93 9,97	9,95	77,75638	18630	**23,96**	
11/03/07	9,5	**08/03/07**	7	10,03 10,08	10,055	79,40613	19470	**24,52**	25,82
12/03/07	9,5	**08/03/07**	7	9,95 9,97	9,96	77,91275	20350	**26,12**	
13/03/07	9,5	**08/03/07**	7	9,96 9,98	9,97	78,06928	20940	**26,82**	
14/03/07	9,5	**29/03/07**	28	9,95 10,03	9,99	78,38282	23310	**29,74**	30,81
15/03/07	9,5	**29/03/07**	28	10,05 10,02	10,035	79,09056	23560	**29,79**	
16/03/07	9,5	**29/03/07**	28	9,96 9,97	9,965	77,991	25670	**32,91**	
Fonte: LEC - Laboratório de Engenharia Civil									

COMPRESSÃO AXIAL DE CP CILÍNDRICO DE CONCRETO									
Ensaio:1.b		**Traço: 1 : 4,77** **0% de Aditivo** **fcj = 40MPa**							
moldagem		**data do ensaio**	**idade dias**	**diâmetro cm**		**área cm²**	**resistência ruptura**		**Media MPa**
data	**slump**			**medido**	**médio**		**kgf**	**Mpa**	
06/03/07	8,5	**08/03/07**	2	10,05 10,05	10,05	79,32718	22610	**28,50**	28,39
07/03/07	8,5	**08/03/07**	2	9,9 10,05	9,975	78,14761	22100	**28,28**	
08/03/07	8,5	**09/03/07**	3	10,02 10,04	10,03	79,01176	25870	**32,74**	32,79
09/03/07	8,5	**09/03/07**	3	10,11 10,02	10,065	79,56415	26130	**32,84**	
10/03/07	8,5	**10/03/07**	4	10,06 9,96	10,01	78,69697	27870	**35,41**	35,02
11/03/07	8,5	**10/03/07**	4	10,025 10,14	10,0825	79,84107	27650	**34,63**	
12/03/07	8,5	**11/03/07**	5	9,965 10,05	10,0075	78,65767	27900	**35,47**	35,30
13/03/07	8,5	**11/03/07**	5	10,05 10,05	10,05	79,32718	27870	**35,13**	
14/03/07	8,5	**12/03/07**	6	9,97 10,03	10	78,53982	30130	**38,36**	36,73
15/03/07	8,5	**12/03/07**	6	9,975 9,97	9,9725	78,10844	27420	**35,11**	
16/03/07	8,5	**13/03/07**	7	10,01 10,01	10,01	78,69697	28580	**36,32**	38,01
17/03/07	8,5	**13/03/07**	7	10,04 10,06	10,05	79,32718	31560	**39,78**	
18/03/07	8,5	**13/03/07**	7	10,1 10,1	10,1	80,11847	30380	**37,92**	
19/03/07	8,5	**03/04/07**	28	9,98 10,04	10,01	78,69697	36330	**46,16**	45,98
20/03/07	8,5	**03/04/07**	28	10,12 10,05	10,085	79,88067	35400	**44,32**	
21/03/07	8,5	**03/04/07**	28	10,02 10,06	10,04	79,16939	37570	**47,46**	
Fonte: LEC - Laboratório de Engenharia Civil									

COMPRESSÃO AXIAL DE CP CILÍNDRICO DE CONCRETO									
Ensaio:2.a		**Traço: 1 : 7,13** **1% de Aditivo** **fcj = 25MPa**							
moldagem		**data do**	**idade**	**diâmetro cm**		**área**	**resistência ruptura**		**Media MPa**
data	**slump**	**ensaio**	**dias**	**medido**	**médio**	**cm²**	**kgf**	**Mpa**	
07/03/07	10	**09/03/07**	2	9,99 10,05	10,02	78,85429	13180	**16,71**	16,17
08/03/07	10	**09/03/07**	2	9,98 10,04	10,01	78,69697	12300	**15,63**	
09/03/07	10	**10/03/07**	3	10,03 10,07	10,05	79,32718	16320	**20,57**	20,78
10/03/07	10	**10/03/07**	3	10 10,07	10,035	79,09056	16600	**20,99**	
11/03/07	10	**11/03/07**	4	10,05 10,04	10,045	79,24827	19250	**24,30**	24,64
12/03/07	10	**11/03/07**	4	10,05 10,02	10,035	79,09056	19760	**24,98**	
13/03/07	10	**12/03/07**	5	10,04 10,05	10,045	79,24827	18690	**23,58**	23,09
14/03/07	10	**12/03/07**	5	10,1 10,03	10,065	79,56415	17820	**22,60**	
15/03/07	10	**13/03/07**	6	10,08 10,14	10,11	80,2772	19140	**23,84**	25,62
16/03/07	10	**13/03/07**	6	10 10	10	78,53982	20120	**25,62**	
17/03/07	10	**14/03/07**	7	10 10,05	10,025	78,93301	21020	**26,63**	26,39
18/03/07	10	**14/03/07**	7	10,06 10,07	10,065	79,56415	20860	**26,22**	
19/03/07	10	**14/03/07**	7	10,12 10,08	10,1	80,11847	21080	**26,31**	
20/03/07	10	**04/04/07**	28	10,03 10	10,015	78,77561	25730	**32,66**	32,30
21/03/07	10	**04/04/07**	28	10,09 10,03	10,06	79,48512	26630	**33,50**	
22/03/07	10	**04/04/07**	28	10,1 10,1	10,1	80,11847	24630	**30,74**	
Fonte: LEC - Laboratório de Engenharia Civil									

COMPRESSÃO AXIAL DE CP CILÍNDRICO DE CONCRETO									
Ensaio:2.b		**Traço: 1 : 4,77** **1% de Aditivo** **fcj = 40MPa**							
moldagem		**data do**	**idade**	**diâmetro cm**		**área**	**resistência ruptura**		**Media MPa**
data	**slump**	**ensaio**	**dias**	**medido**	**médio**	**cm²**	**kgf**	**Mpa**	
07/03/07	9	**09/03/07**	2	10 10,04	10,02	78,85429	23500	**29,80**	29,19
08/03/07	9	**09/03/07**	2	10,03 10,05	10,04	79,16939	22630	**28,58**	
09/03/07	9	**10/03/07**	3	10,03 10,02	10,025	78,93301	27790	**35,21**	33,83
10/03/07	9	**10/03/07**	3	10,07 10,07	10,07	79,64322	25840	**32,44**	
11/03/07	9	**11/03/07**	4	10,05 10,11	10,08	79,80148	27340	**34,26**	35,16
12/03/07	9	**11/03/07**	4	10,1 10,07	10,085	79,88067	28800	**36,05**	
13/03/07	9	**12/03/07**	5	10,1 10,03	10,065	79,56415	28100	**35,32**	35,32
14/03/07	9	**12/03/07**	5	10,03 10,1	10,065	79,56415	27560	**34,64**	
15/03/07	9	**13/03/07**	6	10,08 10,1	10,09	79,95989	31560	**39,47**	39,16
16/03/07	9	**13/03/07**	6	10,04 10,03	10,035	79,09056	30720	**38,84**	
17/03/07	9	**14/03/07**	7	10,08 10,07	10,075	79,72233	30610	**38,40**	39,37
18/03/07	9	**14/03/07**	7	10,03 10,03	10,03	79,01176	32180	**40,73**	
19/03/07	9	**14/03/07**	7	10,07 10,11	10,09	79,95989	31170	**38,98**	
20/03/07	9	**04/04/07**	28	10,11 10	10,055	79,40613	38670	**48,70**	47,81
21/03/07	9	**04/04/07**	28	10,06 10,11	10,085	79,88067	38130	**47,73**	
22/03/07	9	**04/04/07**	28	10,11 10,11	10,11	80,2772	37740	**47,01**	
Fonte: LEC - Laboratório de Engenharia Civil									

COMPRESSÃO AXIAL DE CP CILÍNDRICO DE CONCRETO									
Ensaio:3.a		**Traço: 1 : 7,13** **2,5% de Aditivo** **fcj = 25MPa**							
moldagem		**data do ensaio**	**idade dias**	**diâmetro cm**		**área cm²**	**resistência ruptura**		**Media MPa**
data	**slump**			**medido**	**médio**		**kgf**	**Mpa**	
13/03/07	12	**15/03/07**	2	10,09 10,11	10,1	80,11847	15160	**18,92**	18,37
14/03/07	12	**15/03/07**	2	10,02 10,04	10,03	79,01176	14080	**17,82**	
15/03/07	12	**16/03/07**	3	10,04 10,05	10,045	79,24827	16990	**21,44**	22,41
16/03/07	12	**16/03/07**	3	10 10	10	78,53982	18370	**23,39**	
17/03/07	12	**17/03/07**	4	10,03 10,01	10,02	78,85429	19620	**24,88**	23,82
18/03/07	12	**17/03/07**	4	10,1 10,05	10,075	79,72233	18150	**22,77**	
19/03/07	12	**18/03/07**	5	10 10,02	10,01	78,69697	19280	**24,50**	25,68
20/03/07	12	**18/03/07**	5	10,05 10,1	10,075	79,72233	21200	**26,86**	
21/03/07	12	**19/03/07**	6	10,02 10	10,01	78,69697	21760	**27,65**	27,37
22/03/07	12	**19/03/07**	6	10,06 10,09	10,075	79,72233	21590	**27,08**	
23/03/07	12	**20/03/07**	7	10,11 10,02	10,065	79,56415	21080	**26,50**	27,96
24/03/07	12	**20/03/07**	7	10,1 10,1	10,1	80,11847	22800	**28,46**	
25/03/07	12	**20/03/07**	7	10,04 10	10,02	78,85429	22800	**28,91**	
26/03/07	12	**10/04/07**	28	10,07 10	10,035	79,09056	26660	**29,91**	30,91
27/03/07	12	**10/04/07**	28	10,5 10,06	10,28	82,99962	27510	**30,91**	
28/03/07	12	**10/04/07**	28	10,01 10,02	10,015	78,77561	25050	**31,91**	
Fonte: LEC - Laboratório de Engenharia Civil									

COMPRESSÃO AXIAL DE CP CILÍNDRICO DE CONCRETO									
Ensaio:3.b		**Traço: 1 : 4,77 2,5% de Aditivo fcj = 40MPa**							
moldagem		**data do ensaio**	**idade dias**	**diâmetro cm**		**área cm²**	**resistência ruptura**		**Media MPa**
data	**slump**			**medido**	**médio**		**kgf**	**Mpa**	
13/03/07	12,5	**15/03/07**	2	10,08 10,1	10,09	79,95989	24630	**30,80**	30,67
14/03/07	12,5	**15/03/07**	2	10,05 10,02	10,035	79,09056	24150	**30,53**	
15/03/07	12,5	**16/03/07**	3	10,05 10,06	10,055	79,40613	29140	**36,70**	35,09
16/03/07	12,5	**16/03/07**	3	10,09 10,05	10,07	79,64322	26660	**33,47**	
17/03/07	12,5	**17/03/07**	4	10,03 10,05	10,04	79,16939	28690	**36,24**	37,02
18/03/07	12,5	**17/03/07**	4	10,08 10,07	10,075	79,72233	30130	**37,79**	
19/03/07	12,5	**18/03/07**	5	10,03 10,02	10,025	78,93301	31090	**39,39**	38,50
20/03/07	12,5	**18/03/07**	5	10,05 10,07	10,06	79,48512	29900	**37,62**	
21/03/07	12,5	**19/03/07**	6	10,08 10,04	10,06	79,48512	33260	**41,84**	39,90
22/03/07	12,5	**19/03/07**	6	10,03 10,01	10,02	78,85429	29930	**37,96**	
23/03/07	12,5	**20/03/07**	7	10,1 10,05	10,075	79,72233	31690	**39,75**	40,48
24/03/07	12,5	**20/03/07**	7	10,03 10,04	10,035	79,09056	31860	**40,28**	
25/03/07	12,5	**20/03/07**	7	10,04 10,03	10,035	79,09056	32760	**41,42**	
26/03/07	12,5	**10/04/07**	28	10,075 10,03	10,0525	79,36665	35030	**44,14**	46,81
27/03/07	12,5	**10/04/07**	28	10,03 10	10,015	78,77561	38360	**48,70**	
28/03/07	12,5	**10/04/07**	28	10,075 10,15	10,1125	80,3169	38240	**47,61**	
Fonte: LEC - Laboratório de Engenharia Civil									

COMPRESSÃO AXIAL DE CP CILÍNDRICO DE CONCRETO									
Ensaio:4.a		**Traço: 1 : 7,13** **4% de Aditivo** **fcj = 25MPa**							
moldagem		**data do ensaio**	**idade dias**	**diâmetro cm**		**área cm²**	**resistência ruptura**		**Media MPa**
data	**slump**			**medido**	**médio**		**kgf**	**Mpa**	
14/03/07	12	**16/03/07**	2	10 10	10	78,53982	14910	**18,98**	18,58
15/03/07		**16/03/07**	2	10,05 10,11	10,08	79,80148	14510	**18,18**	
16/03/07		**17/03/07**	3	10,07 10,13	10,1	80,11847	16420	**20,49**	20,28
17/03/07		**17/03/07**	3	10,04 10,06	10,05	79,32718	15920	**20,07**	
18/03/07		**18/03/07**	4	10,02 10,02	10,02	78,85429	18920	**23,99**	23,90
19/03/07		**18/03/07**	4	10,03 10,06	10,045	79,24827	18860	**23,80**	
20/03/07		**19/03/07**	5	10,01 10,05	10,03	79,01176	20180	**25,54**	25,94
21/03/07		**19/03/07**	5	10 10	10	78,53982	20690	**26,34**	
22/03/07		**20/03/07**	6	10 10	10	78,53982	21760	**27,71**	27,71
23/03/07		**20/03/07**	6	10,06 10,09	10,075	79,72233	22100	**27,72**	
24/03/07		**21/03/07**	7	10,11 10,03	10,07	79,64322	22290	**27,99**	27,32
25/03/07		**21/03/07**	7	10,12 10,12	10,12	80,43608	21270	**26,44**	
26/03/07		**21/03/07**	7	10,1 10,13	10,115	80,35662	22120	**27,53**	
27/03/07		**11/04/07**	28	10,12 10,1	10,11	80,2772	28860	**35,95**	36,17
28/03/07		**11/04/07**	28	10,03 10,01	10,02	78,85429	29140	**36,95**	
29/03/07		**11/04/07**	28	10,07 10,03	10,05	79,32718	28240	**35,60**	
Fonte: LEC - Laboratório de Engenharia Civil									

COMPRESSÃO AXIAL DE CP CILÍNDRICO DE CONCRETO									
Ensaio:4.b		**Traço: 1 : 4,77** **4% de Aditivo** **fcj = 40MPa**							
moldagem		**data do ensaio**	**idade dias**	**diâmetro cm**		**área cm²**	**resistência ruptura**		**Media MPa**
data	**slump**			**medido**	**médio**		**kgf**	**Mpa**	
14/03/07	12,5	**16/03/07**	2	10,04 10,04	10,04	79,16939	26290	**33,21**	33,49
15/03/07	12,5	**16/03/07**	2	10,06 10,05	10,055	79,40613	26820	**33,78**	
16/03/07	12,5	**17/03/07**	3	10 10,07	10,035	79,09056	28800	**36,41**	36,21
17/03/07	12,5	**17/03/07**	3	10,06 10,05	10,055	79,40613	28590	**36,00**	
18/03/07	12,5	**18/03/07**	4	10,03 10,06	10,045	79,24827	33210	**41,91**	42,54
19/03/07	12,5	**18/03/07**	4	10,01 10,05	10,03	79,01176	34110	**43,17**	
20/03/07	12,5	**19/03/07**	5	10,04 10,05	10,045	79,24827	35880	**45,28**	45,11
21/03/07	12,5	**19/03/07**	5	10 10,06	10,03	79,01176	35510	**44,94**	
22/03/07	12,5	**20/03/07**	6	10,03 10,06	10,045	79,24827	37570	**47,41**	46,44
23/03/07	12,5	**20/03/07**	6	10,05 10,05	10,05	79,32718	36070	**45,47**	
24/03/07	12,5	**21/03/07**	7	10,09 10,03	10,06	79,48512	38640	**48,61**	48,64
25/03/07	12,5	**21/03/07**	7	10 10,04	10,02	78,85429	38860	**49,28**	
26/03/07	12,5	**21/03/07**	7	10,09 10,08	10,085	79,88067	38360	**48,02**	
27/03/07	12,5	**11/04/07**	28	10,08 10,12	10,1	80,11847	46950	**58,60**	57,82
28/03/07	12,5	**11/04/07**	28	10,09 10,06	10,075	79,72233	46360	**58,15**	
29/03/07	12,5	**11/04/07**	28	10,09 10,18	10,135	80,67471	45740	**56,70**	
Fonte: LEC - Laboratório de Engenharia Civil									

APÊNDICES

degussa.

creating essentials

MASTERMIX® NC 534

Aditivo acelerador de pega sem cloretos

DESCRIÇÃO DO PRODUTO:

MASTERMIX NC 534 é um aditivo líquido, pronto para o uso, isento de cloretos, acelerador de pega para concreto. Este produto está de acordo com a norma ASTM C 494 tipo C.

PROPRIEDADES E BENEFÍCIOS:

Estado endurecido:

- Maiores resistências iniciais e finais, inclusive em climas mais frios;
- Tempo de desforma reduzido;
- Acabamento mais rápido em pisos, reduzindo custos de mão de obra;
- Ausência de cloretos o torna ideal para uso em concreto armado.

CAMPOS DE APLICAÇÃO:

- **MASTERMIX NC 534** foi desenvolvido para aplicações onde se necessite um tempo de pega reduzido e um aumento de resistências iniciais, tais como:
- Indústrias de Pré Moldados;
- Obras em climas frios;
- Obras onde o tempo de liberação deve ser reduzido;
- Pisos industriais;
- Reparos em geral.

MODO DE UTILIZAÇÃO/APLICAÇÃO:

O aditivo **MASTERMIX NC 534** deverá ser adicionado ao concreto logo antes da sua descarga. Nunca adicione o aditivo aos materiais secos. Após a sua adição é recomendado misturar por mais no mínimo 2 minutos.

A faixa de dosagem para o **MASTERMIX NC 534** é de 0,65 a 2,9 litros de aditivo para cada 100kg de cimento Portland. É recomendável efetuar ensaios prévios para determinar a dosagem de acordo com os materiais disponíveis na obra, assim como ajustar o tempo de pega desejado.

MASTERMIX NC 534 é compatível com todos os aditivos da linha DEGUSSA CC, mas deverá ser adicionado à mistura separado dos demais, preferencialmente em obra, antes de seu lançamento.

DADOS TÉCNICOS:

Função Principal:	Acelerador de pega
Base química:	Sais inorgânicos e orgânicos
Aspecto:	Líquido
Cor:	Castanho
Densidade:	1,350 a 1,39 g/cm³
Teor de sólidos:	42 a 44%

EMBALAGEM E ARMAZENAGEM:

Tambores metálicos de 200 litros contendo aproximadamente 274 Kg.
Outras embalagens mediante consulta.
Manter as embalagens fechadas em local coberto, ventilado, seco, longe das intempéries, fontes de calor, alimentos e bebidas. Evitar contato com ácidos e outros oxidantes. Minimizar a geração de poeira. Armazenar longe do alcance de crianças.
Validade de 9 meses a partir da data de fabricação, quando respeitadas as condições de armazenagem.

TRANSPORTE E SEGURANÇA:

É classificado como transporte não perigoso.
Produto não inflamável ou explosivo.
Produto não considerado tóxico, porém impróprio para o consumo humano.
Utilizar EPI's adequados: luvas e botas impermeáveis, óculos se segurança química. Evitar contato com a pele e olhos; o contato prolongado com a pele pode causar dermatites. Não beber, comer ou fumar durante o manuseio; lavar as mãos antes de uma pausa ou depois do trabalho.
Para maiores detalhes, consultar nossa Ficha de Segurança.

Construction Chemicals