



**ESTUDO DA VARIAÇÃO À RESISTÊNCIA À COMPRESSÃO DE UM
GRAUTE ORIUNDO DA MISTURA DE OUTROS DOIS COM
PRESENÇA DE ADITIVO EM SUA COMPOSIÇÃO**

VITÓRIA
2011



NICOLE ZAMBARDINO VASCONCELLOS

RAMON MELO GONÇALVES

SILMARA CARDOSO CIRQUEIRA

**ESTUDO DA VARIAÇÃO À RESISTÊNCIA À COMPRESSÃO DE UM
GRAUTE ORIUNDO DA MISTURA DE OUTROS DOIS COM
PRESENÇA DE ADITIVO EM SUA COMPOSIÇÃO**

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado ao curso de Pós Graduação em Patologia das Obras Cíveis, Pós-Graduação *lato sensu*, do Instituto IDD como requisito parcial para a obtenção do Grau de Especialista em Patologia nas Obras Cíveis.

Orientador: Prof. Msc. Luís César De Luca.

VITÓRIA
2011

AGRADECIMENTOS

A Deus pela graça de nos possibilitar a realização de ações construtivas em nossas vidas.

Ao engenheiro civil prof. De Luca pela valiosa colaboração na elaboração deste trabalho.

As nossas famílias pela compreensão e apoio durante o período do curso.

Aos amigos que fizemos durante o curso.

A todos os professores do curso pelos ensinamentos.

FOLHA DE APROVAÇÃO

ESTUDO DA VARIAÇÃO À RESISTÊNCIA À COMPRESSÃO DE UM GRAUTE ORIUNDO DA MISTURA DE OUTROS DOIS COM PRESENÇA DE ADITIVO EM SUA COMPOSIÇÃO

Por

NICOLE ZAMBARDINO VASCONCELLOS

RAMON MELO GONÇALVES

SILMARA CARDOSO SIRQUEIRA

TRABALHO APROVADO COMO REQUISITO PARCIAL PARA A
OBTENÇÃO DO TÍTULO DE ESPECIALISTA EM PATOLOGIA NAS
OBRAS CIVIS, DO INSTITUTO IDD, PELA COMISSÃO FORMADA PELOS
PROFESSORES A SEGUIR MENCIONADOS.

Vitória (ES) 02 de Dezembro de 2011.

Luis Cesar Siqueira De Luca, M.. Sc.

Cesar Henrique Sato Daher, M. Sc.

Jorge Mikaldo Júnior, M. Sc.

VITÓRIA
2011

RESUMO

São várias as composições dos grautes para reparos hoje comercializados. Algumas composições são definidas objetivando características bastante específicas, outras menos, entretanto todas as aplicações são direcionadas ao reparo e reforço estrutural.

O presente trabalho de estudo experimental tem como objetivo avaliar a variação da correlação da resistência à compressão *versus* tempo em um graute oriundo da mistura de outros dois com presença de aditivo em sua composição.

Para esta avaliação, será utilizado o método de ensaio de resistência à compressão conforme NBR-7215 (1996) da ABNT.

Palavras chave: graute, aditivo, correlação, resistência *versus* tempo.

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Figura 1. <i>Representação esquemática de área preparada para reparo superficial</i> (PET 004 – RRPE – Anchartec; 2006).	28
Figura 2. <i>Etapa do processo de reparo superficial</i> (Figura 1. Representação esquemática de área preparada para reparo superficial (PET 004 – RRPE – Anchartec; 2006))......	29
Figura 3. <i>Reparo Superficial com recomposição da armadura</i> (PET 004 – RRPE – Anchartec; 2006)......	30
Figura 4. <i>Etapas do processo de reparo superficial</i> (PET 004 – RRPE – Anchartec; 2006)......	32
Figura 5. <i>Fluxograma para diagnóstico de estrutura</i> (Souza e Ripper, 1998)......	33
Figura 6. <i>Esquema de estratégia de Reparo</i> (PET 006 – RRPE – Anchartec; 2006)......	34
Figura 7. <i>Passo a passo para execução de um reparo</i> (PET 006 – RRPE – Anchartec; 2006)......	36
Figura 8. <i>Retirada do Concreto Deteriorado ou Contaminado Geometria do Contorno e das Faces das Aberturas</i> (Élvio M. Piancastelli; 2006)......	37
Figura 9. <i>Representação esquemática de uma viga preparada para receber o grauteamento de recomposição, com o uso de fôrma do tipo cachimbo</i> (PET 006 – RRPE – Anchartec; 2006)......	38
Figura 10. <i>Fixação de Pilares Metálicos</i> (Fernando A. Santos, 2002)......	49
Figura 11. <i>Grauteamento de bases de equipamentos</i> (Fernando A. Santos, 2002)......	49
Figura 12. <i>Mecanismo de atuação dos aditivos em moléculas do cimento</i> (Rafael M. Netto, 2006)......	50

Figura 13. <i>Pasta de cimento sem aditivo</i> (E. J. Martins, 2006).....	51
Figura 14 – <i>Pasta de cimento com aditivo</i> (E. J. Martins, 2006).....	52
Figura 15. (a) <i>Ilustração do mecanismo de repulsão eletrostática para a cadeia de naftaleno e melamina.</i> (b) <i>Ilustração do mecanismo de repulsão eletrostática para a cadeia de policarboxilatos (adaptada de Collepari)</i> (Rafael M. Netto, 2006).....	53
Figura 16. <i>Esquema referenciando os principais aditivos aceleradores</i> (E. J. Martins, 2006).....	56

LISTA DE TABELAS

Tabela 1. <i>Grupos de requisitos a serem especificados e controlados.</i> (L. Tula ¹ ; P.S.F. Oliveira ² ; P. Helene ³).....	<u>24</u>
--	---------------------------

LISTA DE EQUAÇÕES

(1) Equação	32
-------------	---------

LISTA DE GRÁFICOS

Gráfico 1. <i>Influência dos aditivos sobre a resistência de cimentícios</i> (E. J. Martins, 2006).....	55
--	--------------------

SUMÁRIO

AGRADECIMENTOS.....	3
FOLHA DE APROVAÇÃO	4
RESUMO	5
LISTA DE ILUSTRAÇÕES.....	6
LISTA DE TABELAS.....	8
LISTA DE EQUAÇÕES.....	9
LISTA DE GRÁFICOS	10
SUMÁRIO.....	14
1. INTRODUÇÃO.....	16
1.1. PROBLEMA DE PESQUISA.....	17
1.2. OBJETIVOS.....	17
1.2.1. Objetivo Geral	17
1.2.2. Objetivos Específicos	17
1.3. HIPÓTESE.....	18
1.4. JUSTIFICATIVAS	18
1.4.1. Tecnológicas.....	18
1.4.2. Econômicas	18
1.4.3. Sociais	20
1.4.4. Ecológicas	Erro! Indicador não definido. 20
1.5. PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS.....	20
1.6. APRESENTAÇÃO DO TRABALHO.....	21
2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA.....	22
2.1. REPARO	23
2.1.1. Reparo Superficial	27
2.1.2. Reparo Profundo.....	33
2.2. GRAUTE.....	41
2.2.1. Definição de Graute	41

2.2.2.	Tipos de Graute	45
2.2.3.	Execução.....	46
2.3.	ADITIVO	50
2.3.1.	Definição.....	50
2.3.2.	Tipos.....	53
2.3.3.	Classificação.....	54
2.3.4.	Aditivos Aceleradores	56
2.4.	2.4 ENSAIOS DE RESISTÊNCIA À COMPRESSÃO	57
2.4.1.	Determinação da resistência à compressão	57
3.	PROGRAMA EXPERIMENTAL.....	59
3.1.	MATERIAIS	Erro! Indicador não definido. 59
3.2.	TRAÇO	Erro! Indicador não definido. 61
3.3.	MOLDAGEM DOS CORPOS DE PROVA.....	62
3.1.	ENSAIOS	63
4.	ANÁLISE DOS RESULTADOS	64
5.	CONSIDERAÇÕES FINAIS E SUGESTÕES PARA TRABALHOS FUTUROS.....	72
5.1.	CONSIDERAÇÕES FINAIS	72
5.2.	RECOMENDAÇÕES PARA TRABALHOS FUTUROS	73
6.	REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	74

1. INTRODUÇÃO

O foco principal deste trabalho é o estudo da variação da resistência á compressão de um graute oriundo da mistura de outros dois com presença de aditivo em sua composição, em traços pré-estabelecidos, com o objetivo de se definir uma mistura *ótima* entre os dois materiais.

O Graute é um micro concreto (argamassa composta por cimento, areia, quartzo, água e aditivos especiais) com destaque para sua elevada resistência mecânica.

Caracteriza-se por ser auto adensável, permitindo sua aplicação no preenchimento de vazias e juntas de alvenaria estrutural. Outros pontos fortes de sua utilização estão na recuperação de estruturas, na fixação de equipamentos, no reparo de pisos, entre outros.

No mercado, podemos comprá-lo em grandes volumes ou em pequenas embalagens, fabricados por diversas empresas especializadas. Para utilização basta acrescentar água, misturar e aplicar.

1.1. PROBLEMA DE PESQUISA

“Como se dá a correlação de resistência á compressão *versus* tempo de um graute oriundo da mistura de outros dois com presença de aditivo em sua composição?”

1.2. OBJETIVOS

Neste item apresentam-se os objetivos gerais e específicos da pesquisa a ser desenvolvida.

1.2.1. Objetivo Geral

“Identificar as correlações de resistência à compressão *versus* tempo de um graute oriundo da mistura de outros dois com presença de aditivo em sua composição”.

1.2.2. Objetivos Específicos

- i. Coletar dados da correlação resistência à compressão *versus* tempo em traços específicos de graute A e grautes com aditivo em sua composição.
- ii. Tratar os dados obtidos nesta correlação.
- iii. Analisar os resultados finais com a elaboração de curvas resistência à compressão *versus* tempo para os traços ensaiados.

1.3. HIPÓTESE

A correlação da resistência à compressão versus tempo acredita-se ser crescente ao longo do tempo.

Com a maior dosagem de graute com aditivo acredita-se atingir maior resistência à compressão em menor tempo.

1.4. JUSTIFICATIVAS

Neste item apresentam-se as justificativas para a pesquisa, a saber: tecnológicas, econômicas, sociais e ecológicas.

1.4.1. Tecnológicas

A comprovação de ganho na resistência inicial à compressão do graute estudado com diferentes dosagens deste aditivo poderá acarretar no desenvolvimento de um novo produto, que irá otimizar as intervenções em manutenções de estruturas de concreto.

1.4.2. Econômicas

De acordo com as pesquisas realizadas, já existem no mercado grautes com elevada resistência inicial em um curto intervalo de tempo, porém com um custo muito superior ao graute mais comumente utilizado e mais facilmente encontrado, objeto de estudo deste trabalho.

A comprovação da eficácia de um dos traços estudados, acarretará em custos mais acessíveis para aquisição dos materiais e conseqüentemente reduzirá o valor final dos serviços

1.4.3. Sociais

A falta de manutenção faz com que pequenas manifestações patológicas, que teriam baixo custo de recuperação, evoluam para situações de desempenho insatisfatório com ambientes insalubres, de deficiente aspecto estético, de possível insegurança estrutural e de alto custo de recuperação.

A demolição muitas vezes não é economicamente ou logisticamente viável, entretanto a possibilidade de utilização de grautes viabiliza o reparo ou recuperação sem os transtornos e grandes custos envolvidos em uma total reconstrução da obra.

1.4.4. Ecológicas

Atualmente vivemos em cidades já amplamente habitadas e densamente construídas.

Boa parte dessas construções foi feita há algumas décadas. Todo o edifício tem um ciclo de vida útil, que qual pode variar dependendo de fatores como a durabilidade dos materiais empregados na construção, das condições de exposição e uso do mesmo e a existência de uma manutenção periódica. e começam agora a apresentar manifestações patológicas decorrentes de desgaste, mau uso, técnicas construtivas mau empregadas ou simplesmente pelo tempo de construção.

A utilização de materiais como o graute possibilita o reparo e recuperação destas construções, tornando-as novamente habitáveis sem a geração de entulho proveniente da demolição, que provavelmente seria depositado em um local de descarte, aumentando assim o passivo ambiental e lixo gerado e acumulado aos montes nos últimos anos.

1.5. PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS

Este trabalho será baseado em revisão bibliográfica e programa experimental em laboratório com avaliação dos resultados obtidos da correlação resistência *versus* tempo em traços de grautes. A revisão bibliográfica abordará os assuntos principais deste trabalho: grautes e aditivos, suas características, aplicações e importância como material empregado na construção civil.

O programa experimental é baseado em moldagem de corpos de prova para ensaios de resistência à compressão, estes resultados de traços experimentais compostos por grautes, comum e especiais. A análise, discussão e comparação dos resultados obtidos nos ensaios é detalhada no capítulo quatro, resultando as considerações deste trabalho de pesquisa.

1.6. APRESENTAÇÃO DO TRABALHO

Segue apresentação resumida do conteúdo de cada capítulo do trabalho:

O **Capítulo 1** apresenta o problema de pesquisa e seus objetivos, bem como delinea as principais justificativas para a realização deste estudo e os procedimentos metodológicos a serem adotados.

O **Capítulo 2** apresenta a revisão bibliográfica e discorre sobre o que é graute, sua composição química, suas aplicações e recomendações. O mesmo ocorrerá com os aditivos.

O **Capítulo 3** trata sobre o estudo empregado neste trabalho, para análise da correlação resistência *versus* tempo em traços específicos de grautes. Nesse capítulo descreve-se os procedimentos utilizados de acordo com a NBR 7215 (1996).

O **Capítulo 4** apresenta a análise dos resultados deste estudo com base nos procedimentos descritos no Capítulo 3.

O **Capítulo 5** apresenta as considerações finais acerca da pesquisa e as recomendações para trabalhos futuros.

2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

Neste capítulo serão explanadas as definições de reparo, a diferenciação de reparo superficial e profundo, informações sobre o graute estudado e sobre o aditivo e os tipos de aditivos disponíveis no mercado. Em seguida, será transcrita em partes a NBR 7215 (1996).

2.1. REPARO

Desde o momento em que os abrigos naturais se fizeram insuficientes para atender às necessidades dos homens, estes aprenderam a edificar atividade intimamente relacionada com aspectos sócio-econômico-culturais de cada época (DUCAP et al.). Sendo assim, as edificações transmitem um significado social importante através de sua aparência, estado de conservação, materiais empregados, localização, dentre outros fatores (Ulisses R. Castro, 2007).

Todavia, apenas construir não é suficiente. É preciso, também, manter aquilo que foi construído para que essa edificação permaneça habitável pelo período para o qual foi projetada, atendendo a todos os requisitos para os quais foi criada. Além disso, dos pontos de vista econômicos e ambientais, é inviável, e até mesmo inaceitável, que se considerem as edificações como produtos descartáveis, substituindo-as por construções novas quando as antigas já não atendem seus usuários (NBR 5674/99).

A ausência da manutenção adequada em edificações é responsável por anomalias das mais variadas, que por sua vez são causadoras de danos materiais e, às vezes, pessoais. Esses danos são significativos e atingem não apenas ao

proprietário, mas também a sociedade em geral, já que é causa de deterioração urbana, o que, em logo prazo, favorece a criminalidade, afasta turistas e reduz a auto-estima do cidadão (IBAPE/SP, 2005).

A patologia na construção pode ser entendida, analogamente à Ciência Médica, como o ramo da engenharia que estuda os sintomas, formas de manifestação, origens e causas das doenças ou defeitos que ocorrem nas edificações (CARMO, 2000).

Os problemas patológicos estão presentes na maioria das edificações, seja com maior ou menor intensidade, variando o período de aparição e/ou a forma de manifestação. Segundo Lichtenstein (1985), estes problemas podem apresentar-se de forma simples, sendo assim, de diagnóstico e reparo evidentes ou então, de maneira complexa, exigindo uma análise individualizada. As formas patológicas encontradas com maior frequência são infiltrações, fissuras, corrosão da armadura, movimentações térmicas, descolamentos, entre outros 9 (Lichtenstein, 1985).

Deve-se salientar a importância da detecção precoce de manifestações patológicas, tendo-se em vista que o quanto antes estas forem tratadas, menor será a perda de desempenho e mais barato será a terapia (Juliana P. Antoniazzi).

Toda edificação possui um período de vida útil a que se destina. Muitas vezes, antes mesmo deste prazo ser alcançado, o nível de desempenho já se encontra abaixo do satisfatório devido, por exemplo, a falta de manutenção periódica. A manutenção não evitará que o estabelecimento alcance, um dia, o fim da sua durabilidade, mas sim, prorrogará a vida útil deste, buscando sempre a ausência de patologias (id. , ib.).

A responsabilidade pela manutenção de um estabelecimento está atribuída ao proprietário do mesmo, ou então, a alguma outra empresa ou profissional habilitado que o proprietário venha a delegar a função (NBR 5674 /1980).

Frente a uma manifestação patológica, necessita-se analisar o problema em questão, visto que este processo, muitas vezes, envolve um conjunto complexo de procedimentos, no qual ocorrem variações para cada caso. O problema está na falta de uma metodologia cientificamente reconhecida e aprovada para tal procedimento (CARMO, 2000).

Alguns materiais já tradicionais têm mostrado uma sensível redução de desempenho, infelizmente por se tornarem mais atrativos aos olhos do mercado, principalmente dos aplicadores, muitas vezes sem que sejam levados em conta os interesses e as expectativas do consumidor final. O que acontece com os grautes de reparo é interessante (L. Tula¹; P.S.F. Oliveira²; P. Helene³).

Não existem no Brasil normas nem procedimentos que permitam especificar e controlar os materiais para reparo. HELENE e LEVI, 1998 recomendaram uma série de especificações para vários materiais de reparo, inclusive grautes, algumas das quais foram utilizadas na Tabela 1, que se apresenta para discussão (id. , ib.).

Os materiais de reparo, de forma geral, são classificados em: materiais com função estrutural e materiais sem função estrutural. Os primeiros irão participar ativamente da nova capacidade estrutural que o elemento irá adquirir

após o reparo. Dos segundos, exige-se apenas estabilidade e capacidade de proteção das armaduras.

Eles foram nomeados em função de sua extensão e profundidade, da enfermidade, causa ou sintoma, ou, ainda, do elemento estrutural e sua localização.

Erro! Vínculo não válido.

Tabela 1: Grupos de requisitos a serem especificados e controlados.

2.1.1. Reparo Superficial

São reparos de pequena profundidade, com cerca de até 6 cm, e que têm como objetivo recompor a proteção às armaduras e restituir o monolitismo, a integridade e a regularidade superficial do elemento estrutural (PET 004/RRPE: Procedimento e especificação técnica para o reparo superficial de estruturas de concreto – Anchartec, 2006).

Tais reparos são exigidos em função de disgregações, desagregações, segregações, porosidades ou contaminações que atingem o concreto de cobrimento das armaduras.

Podem ser executados com os seguintes materiais e técnicas:

- A) Reparo com Argamassa Modificada com Polímero - Pré-dosada
- B) Reparo com Argamassa Graute Tixotrópica - base mineral
- C) Reparo com Outros Materiais:

Neste tipo de reparo, podem ser usados, ainda, outros tipos de argamassas, como as de base epóxi ou poliéster, que exigem procedimentos específicos.

Uma vez caracterizado o grau da deterioração, seus mecanismos e agentes causadores, identificadas e quantificadas as áreas, o procedimento básico e os materiais a serem utilizados na correção de uma estrutura que apresenta corrosão das armaduras seguem descritos abaixo (id. , ib.):

1. Com o uso de um rompedor elétrico ou de talhadeira e marreta, remover o concreto de cobrimento sobre e ao longo das barras de aço corroídas

até atingir as áreas preponderantemente catódicas em que as armaduras encontram-se isentas de oxidação (óxido de ferro superficial);

2. Delimitar a área de reparo obtida com o uso de disco de corte diamantado, limitando a sua profundidade entre 5 e 10 mm, profundidade esta limitada pelo cobrimento dos estribos que não podem ser cortados, passando cerca de 10 cm sobre as áreas isentas de corrosão e de modo a formar figuras retangulares, como ilustrado na Figura 1;

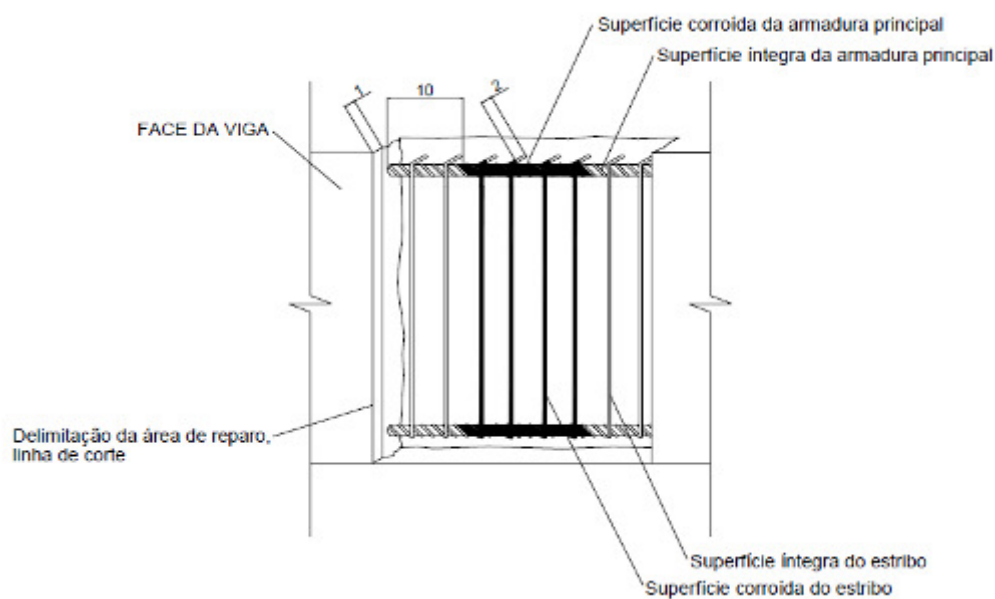


Figura 1 - *Representação esquemática de área preparada para reparo superficial.*

3. Remover, com o uso de rompedor elétrico ou marreta e talhadeira, o concreto contaminado e desagregado dentro da área delimitada de modo a liberar

as armaduras principais com cerca de 2 cm de profundidade no entorno da seção do aço, conforme Figura 2;

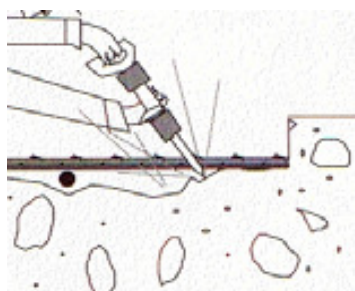


Figura 2 - *Etapa do processo de reparo superficial.*

4. Com o uso de escovas de cerdas metálicas e lixas de carborundum com grana 36 ou 40 ou com equipamento de jateamento abrasivo de granalha metálica ou de esferas de vidro, remover todo o produto de corrosão das superfícies das barras de aço;

5. Avaliar se houve perdas de seção superiores a 15% da dimensão original das armaduras.

Caso positivo, deve-se suplementar as armaduras com a introdução de novas barras, preferencialmente do mesmo tipo de aço, como CA-50 ou CA-60,

instaladas com adesivos para ancoragem química de base poliéster ou epóxi-acrilato.

Este procedimento geralmente utiliza barras com as extremidades dobradas com 5 a 8 cm de comprimento para fazer a ancoragem e são inseridas paralelamente e em contato com as barras originais; conforme figura 3 abaixo:



Figura 3 – *Reparo Superficial com recomposição da armadura.*

6. Com as barras isentas dos produtos de corrosão, aplicar sobre o metal limpo uma demão da pintura epóxi rica em zinco de forma a cobrir totalmente a superfície do metal ou, caso a estrutura tenha sido atacada por cloretos, pode-se optar pela instalação das pastilhas de zinco;

7. Após a secagem da tinta, o que ocorre com cerca de 30 a 40 minutos, limpar a superfície do concreto de substrato de modo a remover todo o

pó e as partículas soltas com o uso de água, preferencialmente com hidrojateamento de baixa pressão;

8. Saturar o concreto com água até a condição de superfície saturada e seca;

9. Aplicar, sobre a superfície do concreto previamente saturada com água, com pincel ou brocha, uma camada do adesivo acrílico de forma a cobrir toda a superfície do substrato na área de recomposição da seção, formando a ponte de aderência para a argamassa de recomposição;

10. Misturar a argamassa especificada previamente, para recompor a seção imediatamente após a aplicação da ponte de aderência ou respeitando o período máximo que varia de 1 a 1,5 hora, conforme a temperatura, umidade relativa do ar, condições de exposição ao sol e presença de ventos. Na prática, a ponte de aderência deve estar úmida ou pegajosa. Nunca recompor a seção com a ponte de aderência seca; se isso ocorrer, o adesivo acrílico deverá ser removido mecanicamente e o procedimento retomando a partir da etapa 7);

11. Recompor as seções com a argamassa especificada e corretamente misturada assegurando a total compacidade do material de reparo e o completo preenchimento dos espaços vazios, conforme ilustra a Figura 4.

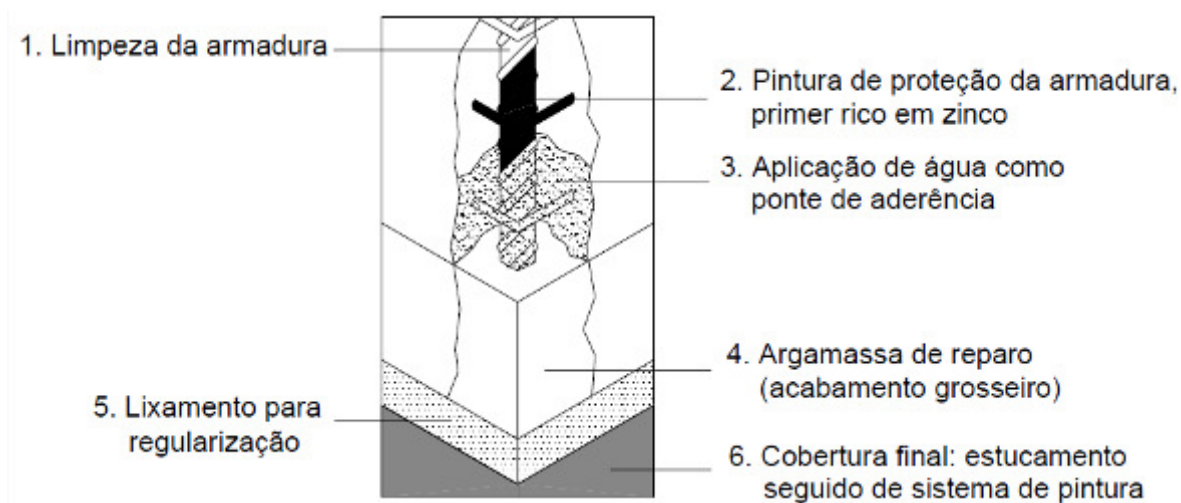


Figura 4 - *Etapas do processo de reparo superficial.*

Após a conclusão dos serviços de reparo superficial, recomenda-se tratar a superfície dos elementos estruturais e protegê-las dos agentes agressivos do ambiente para ampliar a durabilidade da intervenção e da estrutura como um todo (id. , ib.).

2.1.2. Reparo Profundo

São reparos de média a grande profundidade, com valores que variam de 6 a 30 cm, e que visam, além de recompor a proteção às armaduras, restabelecer a capacidade portante perdida pela seção deteriorada do elemento. Nestes casos, esta perda não alterou de forma significativa o suporte dos esforços para os quais o elemento foi dimensionado (id. , ib.).

Esse tipo de reparo, geralmente, surge devido à ocorrência de segregações, ninhos, ou presença de corpos estranhos ao concreto. Segue abaixo Fluxograma para diagnóstico de uma estrutura (Souza e Ripper, 1998):

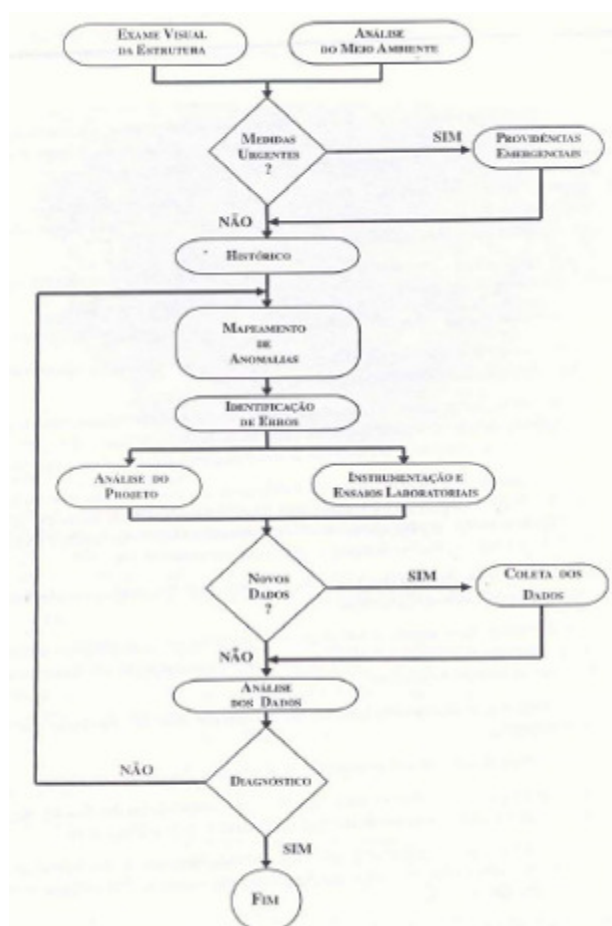


Figura 5 – Fluxograma para diagnóstico de estrutura.

Na sua execução, podem ser adotados os seguintes materiais e técnicas (PET 006/RRPE: Procedimento e especificação técnica para o reparo profundo de estruturas de concreto - Anchortec):

- A) Reparo com Concreto Grout ou Argamassa Grout.
- B) Reparo com Concreto e Ponte de Aderência de Base Epóxi.
- C) Reparo com Argamassa Seca (“dry pack”) e Adesivo Epoxídico.

Após a caracterização do grau da deterioração, seus mecanismos e agentes causadores, identificadas e quantificadas as áreas, quando é determinada a execução de reparos profundos, deve-se ainda avaliar as dimensões do reparo, principalmente no que se refere à profundidade da intervenção (id. , ib.).

Segue abaixo figura esquemática da estratégia de Reparo:

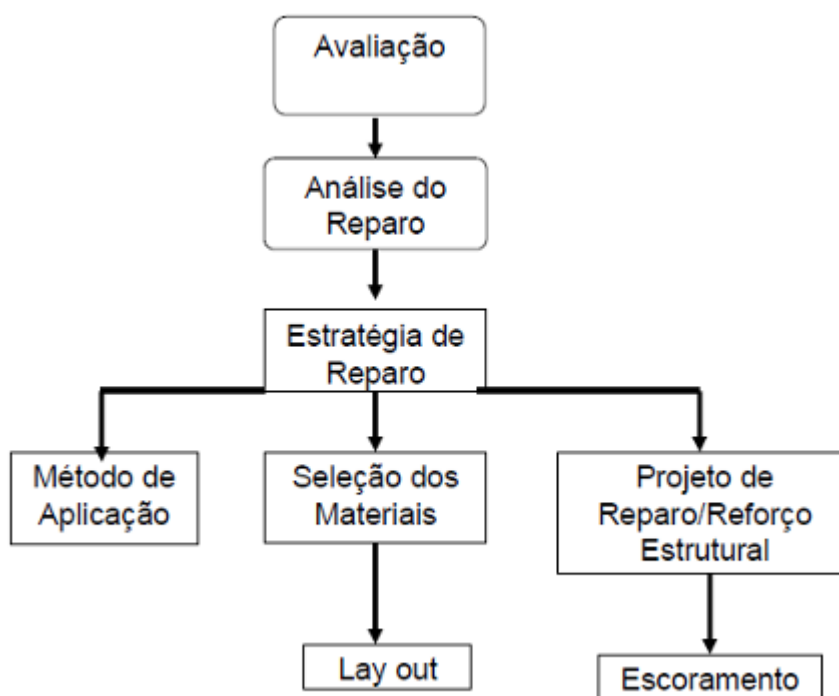


Figura 6 – *Esquema de estratégia de Reparo.*

De forma ideal, devem ser definidos dois grupos, denominados reparos profundos. O procedimento executivo é praticamente o mesmo, no entanto, a especificação de materiais é diferenciada.

Isto ocorre porque o volume de material a ser aplicado na recomposição da seção é de fundamental importância na especificação do material adequado à execução dos serviços. De modo geral, reparos com profundidades de até 6 cm podem ser realizados com grautes, já reparos com profundidades de até 30 cm devem ser executados com micro concretos (id. , ib.).

Eventualmente, quando uma grande área e uma espessura superior aos 30 cm são obtidas, cuidados maiores devem ser tomados no procedimento executivo, principalmente com os sistemas de escoramento da estrutura a ser reparada, e adota-se um concreto bem dosado, preferencialmente contando com a tecnologia de aditivos especiais, para atingir o melhor desempenho da intervenção (id. , ib.).

O procedimento usual de recomposição das seções é denominado grauteamento e utilizam-se fôrmas, normalmente em madeira, especialmente produzidas para cada região a ser corrigida.

Segue abaixo esquema com passo a passo geral do método de recuperação:

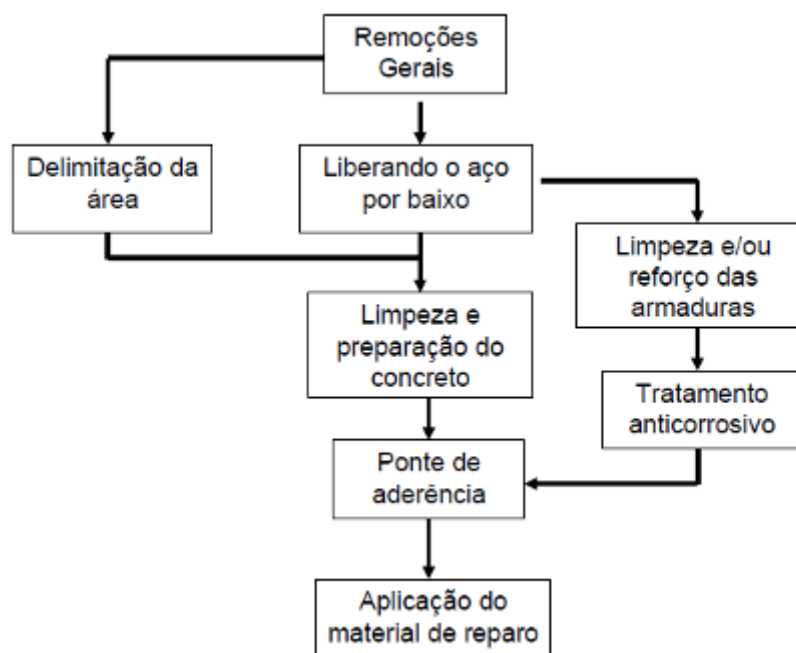


Figura 7 – *Passo a passo para execução de um reparo.*

Os materiais e procedimentos a serem utilizados na correção de uma estrutura que apresenta corrosão das armaduras com grau elevado de deterioração ou em falhas de concretagem ou, ainda, em recomposições que apresentam a profundidades superiores a 3 cm seguem descritos abaixo (id. , ib.):

1. Com o uso de um rompedor elétrico ou de talhadeira e marreta, remover o concreto de cobertura sobre e ao longo das barras de aço corroídas até atingir as áreas preponderantemente catódicas em que as armaduras encontram-se isentas de oxidação (óxido de ferro superficial) ou, no caso de falhas de concretagem e outras recomposições, com o mesmo processo mecânico deve-se remover todas as partículas soltas do concreto segregado;

2. Considerando situação de normalidade quanto à segurança estrutural, delimitar a área de reparo obtida com o uso de disco de corte diamantado, limitando a sua profundidade entre 5 e 10 mm, profundidade esta limitada pelo cobrimento dos estribos que não podem ser cortados, passando cerca de 10 cm sobre as áreas isentas de corrosão e de modo a formar figuras retangulares, conforme figura abaixo:

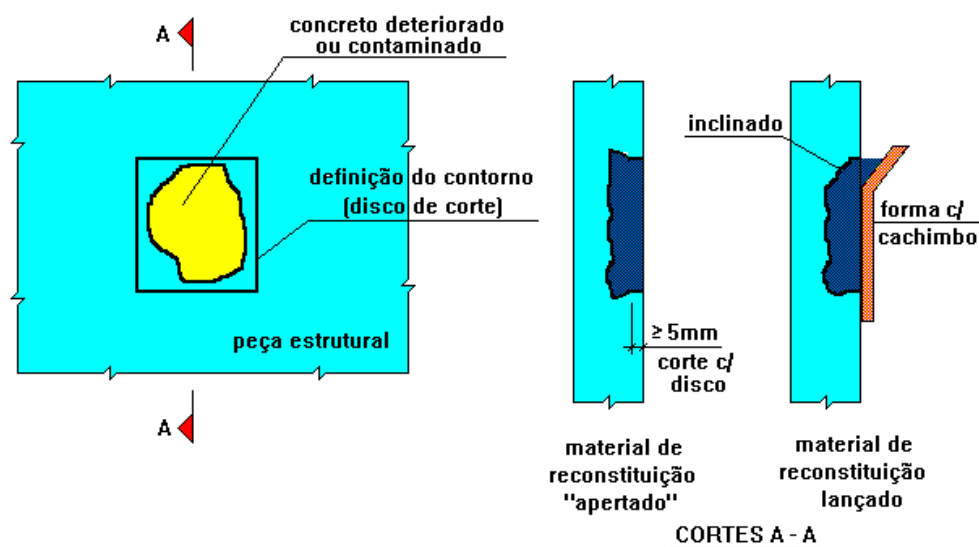


Figura 8 - *Retirada do Concreto Deteriorado ou Contaminado Geometria do Contorno e das Faces das Aberturas.*

3. Remover, com o uso de rompedor elétrico ou marreta e talhadeira, o concreto contaminado e desagregado dentro da área delimitada de modo a liberar as armaduras principais com cerca de 2 cm de profundidade no entorno da seção do aço, observando a inclinação na face superior da cavidade com a proporção aproximada de 1 : 3 (vertical:horizontal), como demonstra a Figura 9;

4. Com o uso de escovas de cerdas metálicas e lixas de carborundum com grana 36 ou 40 ou com equipamento de jateamento abrasivo de granalha metálica ou de esferas de vidro, remover todo o produto de corrosão das superfícies das barras de aço;

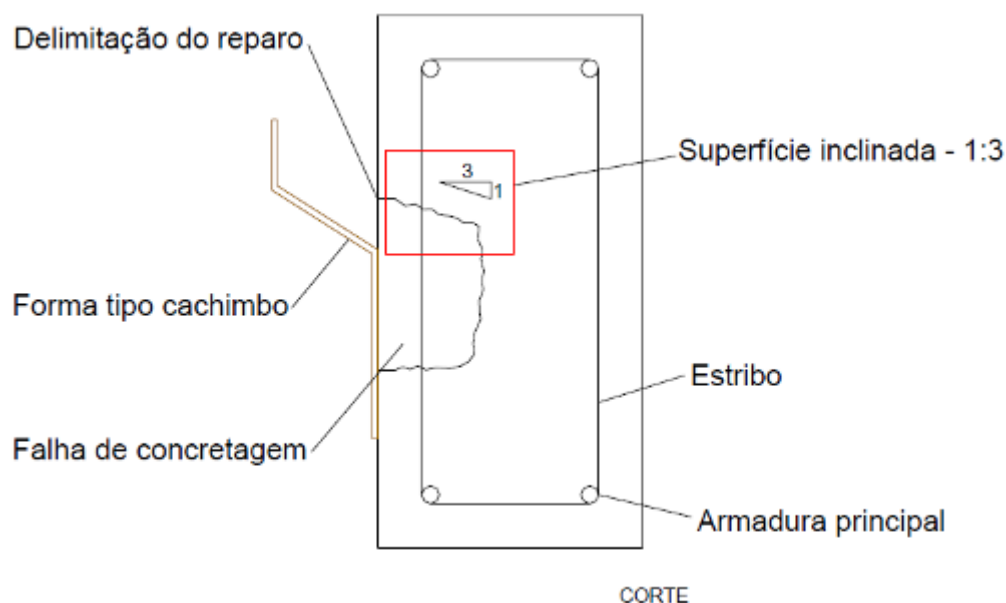


Figura 9 - *Representação esquemática de uma viga preparada para receber o grauteamento de recomposição, com o uso de fôrma do tipo cachimbo.*

5. Avaliar se houve perdas de seção superiores a 15% da dimensão original das armaduras.

Caso positivo, deve-se suplementar as armaduras com a introdução de novas barras, preferencialmente do mesmo tipo de aço, CA-50 ou CA-60, instaladas com adesivos para ancoragem química de base poliéster ou epóxi-

acrilato. Este procedimento geralmente utiliza barras com as extremidades dobradas com 5 a 8 cm de comprimento para fazer a ancoragem e são inseridas paralelamente e em contato com as barras originais;

6. Com as barras isentas dos produtos de corrosão, aplicar sobre o metal limpo uma demão da pintura epóxi rica em zinco de forma a cobrir totalmente a superfície do metal ou, caso a estrutura tenha sido atacada por cloretos, pode-se optar pela instalação das pastilhas de zinco;

7. Após a secagem da tinta, o que ocorre com cerca de 30 a 40 minutos, limpar a superfície do concreto de substrato de modo a remover todo o pó e as partículas soltas com o uso de água, preferencialmente com hidrojateamento de baixa pressão;

8. Saturar o concreto com água até a condição de superfície saturada e seca ou, em casos especiais em que o Projeto de Recuperação determina o uso de adesivo epóxi, remover todo o pó e partículas soltas com jato de ar comprimido filtrado (o ar comprimido auxilia a secagem da superfície previamente lavada com o hidrojateamento) e, com a superfície limpa e seca, aplicar uma camada de adesivo epóxi de pega lenta;

9. Montar as fôrmas previamente confeccionadas e ajustadas, do tipo cachimbo ou com o formato adequado ao preenchimento da seção a ser corrigida, e selar as extremidades, preferencialmente com gesso, para evitar o vazamento do grout ou micro concreto de recomposição;

10. Misturar o graute ou o micro concreto especificado imediatamente após o procedimento de montagem das fôrmas considerando, se for o caso, o tempo em aberto do adesivo epóxi de pega lenta, que varia de 4 a 6 horas, ou, no caso convencional de saturação com água, preencher a seção o quanto antes para obter o melhor desempenho do mecanismo de aderência mecânica ao substrato;

11. O lançamento do graute ou do micro concreto deve ser contínuo e deve-se preencher o cachimbo ou a saliência do acesso da fôrma para produzir uma leve pressão hidrostática na mistura;

12. Após 24 horas de cura, remover as fôrmas e eliminar a saliência provocada pelo cachimbo com marreta e talhadeira, lixando a superfície para produzir o acabamento;

13. Proceder, imediatamente após a desfôrma, a cura úmida do graute ou do micro concreto com sacos de anagem úmidos ou com a película de cura química pelo período mínimo de 3 dias. Dependendo das condições climáticas, como em casos de elevada temperatura e baixa umidade relativa do ar, deve-se ampliar o período de cura para até 7 dias. (id. , ib.).

2.2. GRAUTE

2.2.1. Definição de Graute

Uma das primeiras publicações brasileiras sobre grautes (Helene, Figueiredo e Oliveira, 1989) data de 1989. Desde então, o assunto tem sido pouco abordado por especialistas. As principais referências sobre esse tema estão disponíveis apenas no conteúdo de cursos e treinamentos associados ao trabalho de divulgação técnica de alguns fabricantes de produtos para construção (Leonel Tula; Paulo Sérgio Ferreira Oliveira; Roberto R. de Oliveira; 2002).

Na literatura técnica em inglês utiliza-se o termo “*grout*” para definir uma argamassa ou um micro concreto fluido considerando a maior estabilidade volumétrica e o menor custo deste material, utilizado para o preenchimento de um vazio. No Brasil, os engenheiros e o mercado da construção reconhecem diferenças muito claras entre qualquer argamassa ou micro concreto fluido e um graute (Fernando A. santos, 2002).

Ele pode ou não apresentar expansão, dependendo do tipo de reparo, para tanto, a sua expansão é controlada. A compatibilidade com o substrato é muito importante, em se tratando do comportamento das propriedades mecânicas entre o graute e o concreto a ser reparado (Allquímica, 2006).

Pode ser usado como material de enchimento em reforços estruturais em zonas de concentrações de tensões e quando se necessita armar as estruturas (Émerson Frason, 2008).

Para que uma argamassa ou concreto seja considerado um graute é necessário que (id. , ib.):

1. Apresente consistência fluida, dispensando o adensamento,
2. Atinja altas resistências iniciais e finais,
3. Apresente expansão controlada.

Outras propriedades particulares de um determinado graute podem ser necessárias em função de cada tipo de aplicação.

De forma resumida, podem ser enumeradas algumas vantagens de um graute, em relação a um concreto comum modificado com aditivo superplastificante (concreto fluido):

- Maior facilidade para preencher vazios e cavidades com elevada concentração de armaduras, sem deixar vazios ou bolsões de ar;
- Menores prazos de execução;
- Maior proteção contra a corrosão, devido à baixa permeabilidade, destacando-se que, em geral, nas seções de reparo ou reforço estrutural são utilizados cobrimentos menores

Expectativa de uma melhor qualidade nos trabalhos e conseqüente alto desempenho dos elementos grauteados, sob severas condições de serviço.

Os grautes são materiais destinados ao preenchimento de vazios confinados ou semiconfinados em locais de difícil acesso, seja por se tratarem de

cavidades muito estreitas ou locais com elevada densidade de obstáculos tais como armaduras, tubulações, entre outros (Fernando A. Santos, 2002).

A fluidez do graute permite que haja um preenchimento total da seção, sem a necessidade de adensamento. A alta resistência inicial permite a rápida liberação das fôrmas e da estrutura grauteada, possibilitando maior agilidade no processo de fixação de equipamentos, e rápida colocação da estrutura reparada ou reforçada em carga. A elevada resistência final e a apresentação de módulo de deformação compatível com o do concreto garantem o bom desempenho frente a esforços elevados, mesmo para reforço de concretos de alta resistência (id. , ib.).

A expansão controlada ou, conforme o produto, a simples compensação da retração, garante a estabilidade volumétrica e impede a existência de vazios, propiciando perfeita aderência e compacidade.

São materiais destinados ao preenchimento de vazios confinados ou semiconfinados em locais de difícil acesso. A fluidez do material permite que haja um preenchimento total da seção, sem que se faça necessário o adensamento.

Os dois campos principais de utilização dos grautes são as obras novas e as de recuperação estrutural. Os grautes para reparo são, em geral, denominados argamassas ou micro-concretos fluidos ou simplesmente grautes de reparo (Allquímica, 2006).

Principais componentes:

- ✓ Cimento Portland (CP I ou cimentos compostos): os critérios de escolha para a produção do graute em maior escala decorrem de uma combinação de fatores técnicos e econômicos;
- ✓ Adições minerais (pozolanas, sílica ativa, filler calcário ou cargas minerais): devem ser incorporadas por substituição de parte do cimento Portland comum, até ajustar a resistência média requerida, sem perda das propriedades do material no estado fresco;
- ✓ Agregados (areia, pedrisco): de origem quartzosa, granitos, ou areia de sílica. Existem opiniões controversas a respeito da distribuição granulométrica ideal dos agregados para graute.

Há necessidade de se normalizar e de se estabelecer uma classificação adequada para uniformizar a utilização dos grautes, melhorando o nível de compreensão e de domínio do tema (id. , ib.).

2.2.2. Tipos de Graute

A classificação dos grautes pode ser feita pelo tipo de aglomerante:

- a. Grautes de base mineral, ou grautes à base de cimento ou, ainda, grautes minerais,
- b. Grautes de base orgânica, ou grautes à base de resina ou, ainda, grautes poliméricos.

Os grautes de base orgânica são materiais de características e usos mais específicos, recomendados para situações especiais em que se exige alta aderência e resistência a cargas cíclicas e dinâmicas, pois não sofrem o efeito de fadiga comum aos grautes à base de cimento (Fernando A. Santos, 2002).

Os grautes de base mineral podem ser classificados pelo tamanho do agregado:

- Grautes injetáveis – agregado muito fino: partículas menores que 75 mm.
- Grautes de argamassa – agregado miúdo: máxima característica menor ou igual a 4,8 mm
- Grautes de micro concreto – pedrisco ou brita 0: dimensão máxima característica menor ou igual a 9,5 mm
- Grautes de concreto – com adição de até 30% de brita 1: dimensão máxima característica menor ou igual a 19 mm

Os grautes de base mineral recebem uma classificação de acordo com a utilização preponderante. Assim, encontram-se no mercado denominações do tipo: de uso geral, de construção, de uso industrial, para injeção, de reparo, de uso submerso, para altas temperaturas, entre outras. Alguns fabricantes ainda sugerem pequenas variações à classificação descrita para ressaltar alguma característica particular de um determinado produto ou, ainda, a adição de algum elemento particular (id. , ib.).

2.2.3. Execução

Não basta fazer a escolha correta e conhecer as particularidades do graute em questão para garantir o uso eficiente do material. É necessário seguir uma metodologia de trabalho que começa com um bom planejamento dos serviços e concluir com os procedimentos de cura adequados (Allquímica, 2006).

PREPARAÇÃO DO SUBSTRATO

Apicoar a superfície removendo-se a nata de cimento superficial, eliminar o material solto ou comprometido – contaminação, corrosão de armaduras, fissuras ou som cavo – e deixar a superfície rugosa para aumentar a aderência (id. , ib.);

Lavar a superfície com jato de água limpa para retirar partículas soltas, pó, graxa, impregnação de óleo e restos de pintura;

Caso a contaminação por óleos ou graxas seja extensa, efetuar a limpeza com desengraxantes adequados ou por outro processo que assegure a total remoção (id. , ib.);

As superfícies metálicas deverão receber jateamento de areia para eliminar pinturas anteriores, produtos de corrosão e contaminações.

ETAPAS PARA O LANÇAMENTO

O sistema de fôrmas a ser empregado deverá ser totalmente estanque;

A superfície não confinada deverá ser mínima;

As fôrmas deverão apresentar cachimbo – funil alimentador – para facilitar o lançamento do graute e o total preenchimento do vão. O cachimbo deverá ter uma altura mínima de 15 cm para manter uma pressão hidrostática adequada (id. , ib.);

Na parte inferior da fôrma recomenda-se deixar pelo menos um furo para a drenagem da água de saturação, ou do teste de estanqueidade. Esse furo deverá ser tamponado antes do lançamento.

SATURAÇÃO DO SUBSTRATO

Antes do lançamento, o substrato deverá estar, porém, com a superfície seca. Para tal, recomenda-se preencher as fôrmas com água limpa, pouco tempo antes do lançamento (id. , ib.);

Imediatamente antes do lançamento, a água deverá ser drenada das fôrmas;

Se necessário, aplicar jato de ar sobre o substrato, para remover os empoçamentos.

MISTURA

Recomenda-se usar misturador de ação forçada, ou uma hélice de mistura apropriada acoplada a uma furadeira de baixa rotação (450/ 500 RPM);

Misturar por três a cinco minutos, até constatar a uniformidade e a homogeneidade do material. Em último caso, para obras de menor porte, misturar manualmente pelo menos durante cinco minutos (id. , ib.);

Colocar primeiro no misturador a quantidade de água de amassamento recomendada pelo fabricante. Com o misturador em movimento, adicionar lentamente o pó.

LANÇAMENTO

O grauteamento deverá ocorrer de maneira contínua e ininterrupta, vertendo o material pelo funil alimentador;

Para o grauteamento de bases de equipamentos, verter o graute apenas por um lado. Encher o cachimbo devagar e continuamente permitindo a saída gradativa do ar eventualmente preso embaixo da placa da base do equipamento, conforme ilustram as figuras 10 e 11 abaixo (id. , ib.):



Foto 01 – *Lançamento do Material em local confinado com uso de cachimbo*

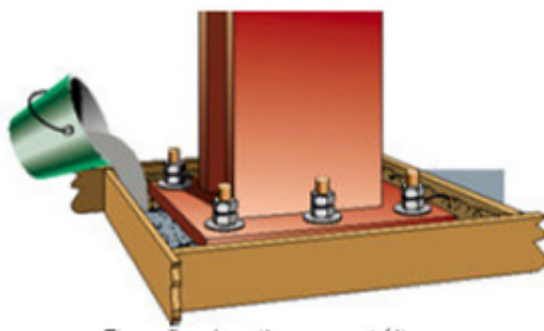


Figura 10 – *Fixação de Pilares Metálicos.*

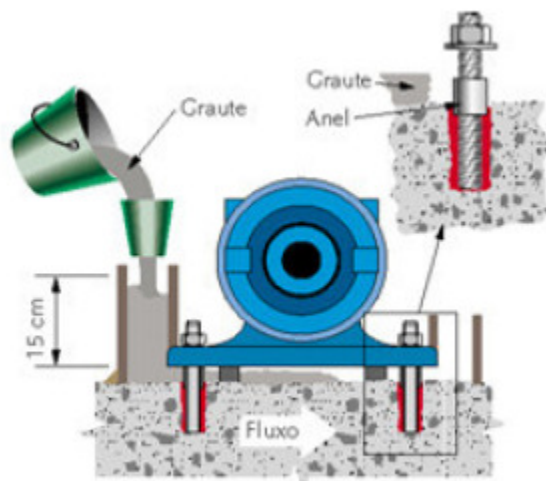


Figura 11 – *Grauteamento de bases de equipamentos.*



Foto 02 – *Lançamento do Material*

2.3. ADITIVO

2.3.1. Definição

A utilização de uma variedade de aditivos em formulações de grautes base cimento vem se tornando uma prática cada vez mais comum. Eles desempenham um papel importante na produção de cimentícios mais duráveis com características reológicas aprimoradas do que na utilização cimento puro. Seguem abaixo figuras ilustrativas do mecanismo de atuação dos aditivos em moléculas do cimento (Rafael M. Netto, 2006):

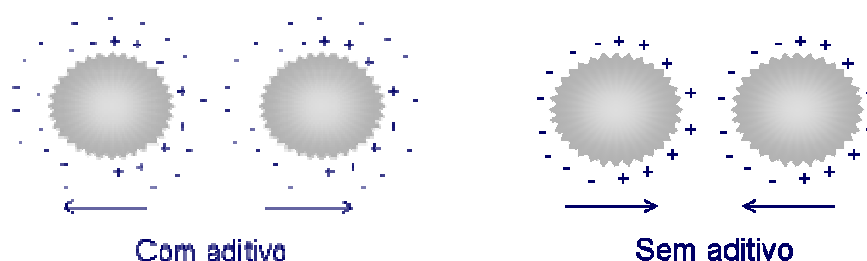


Figura 12 – *Mecanismo de atuação dos aditivos em moléculas do cimento.*

Aditivos são usados em argamassas à base ou não de cimento com o objetivo de modificar certas propriedades do material fresco ou endurecido.

Estas alterações implicam em aumento da resistência, durabilidade e penetrabilidade do graute. Formulações são desenvolvidas com o objetivo de criar proporções equilibradas entre os vários componentes do produto com o objetivo de torná-lo mais estável e reduzindo assim o custo de grauteamento através da eficácia de utilização (id. , ib.).

Aditivos são produtos empregados na elaboração de concretos, argamassas de cimento para modificar certas propriedades do material fresco ou endurecido.

Abaixo é possível verificar figuras ilustrando a utilização ou não de aditivos:

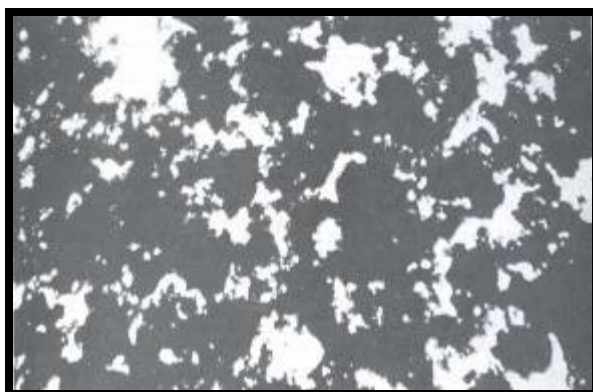


Figura 13 – *Pasta de cimento sem aditivo*

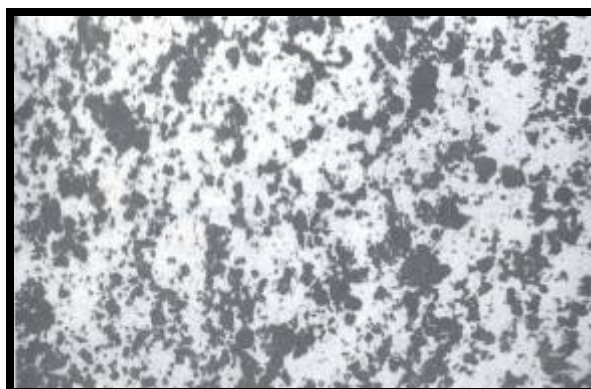


Figura 14 – *Pasta de cimento com aditivo*

Vantagens:

- ✓ Aumento da trabalhabilidade;
- ✓ Redução do consumo de água;
- ✓ Maior resistência;
- ✓ Redução da água e do cimento;
- ✓ Aditivos com alto teor de sólidos são mais eficientes.

2.3.2. Tipos

Os produtos com base melamina, naftaleno ou lignossulfonato atuam principalmente por repulsão eletrostática, conforme ilustrado abaixo:

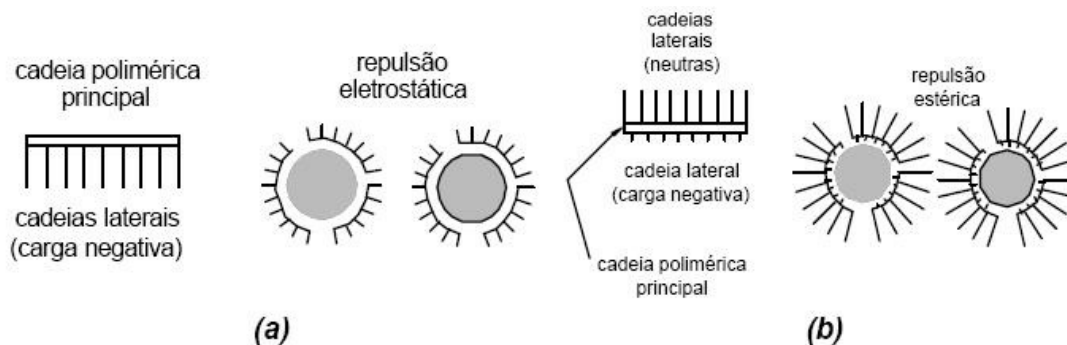


Figura 15 – (a) Ilustração do mecanismo de repulsão eletrostática para a cadeia de naftaleno e melamina. (b) Ilustração do mecanismo de repulsão eletrostática para a cadeia de policarboxilato (adaptada de Collepari).

Os aditivos superplastificante com base de policarboxilatos além de agirem por repulsão eletrostática apresentam outro mecanismo de ação conhecida como repulsão estérica (E. J. Martins, 2006).

2.3.3. Classificação

NBR 11768/92

- Aditivo plastificante (tipo P)
- Aditivo retardador (tipo R)
- Aditivo acelerador (tipo A)
- Aditivo plastificante retardador (tipo PR)
- Aditivo plastificante acelerador (tipo PA)

- Aditivo incorporador de ar (tipo IAR)
- Aditivo superplastificante (tipo SP)
- Aditivo superplastificante retardador (tipo SPR)
- Aditivo superplastificante acelerador (tipo SPA)

Aditivos não-normalizados:

- Agentes inibidores de corrosão;
- Redutores de retração;
- Expansores;
- Agentes impermeabilizantes;
- Redutor de ar incorporado;
- Promotor de viscosidade;
- Redutor de expansão álcali-agregado;
- Promotor de adesão;
- Fungicidas, inseticidas e bactericidas;
- Agentes de cura.

Segue abaixo gráfico exemplificando a influência dos aditivos sobre a resistência de cimentícios:

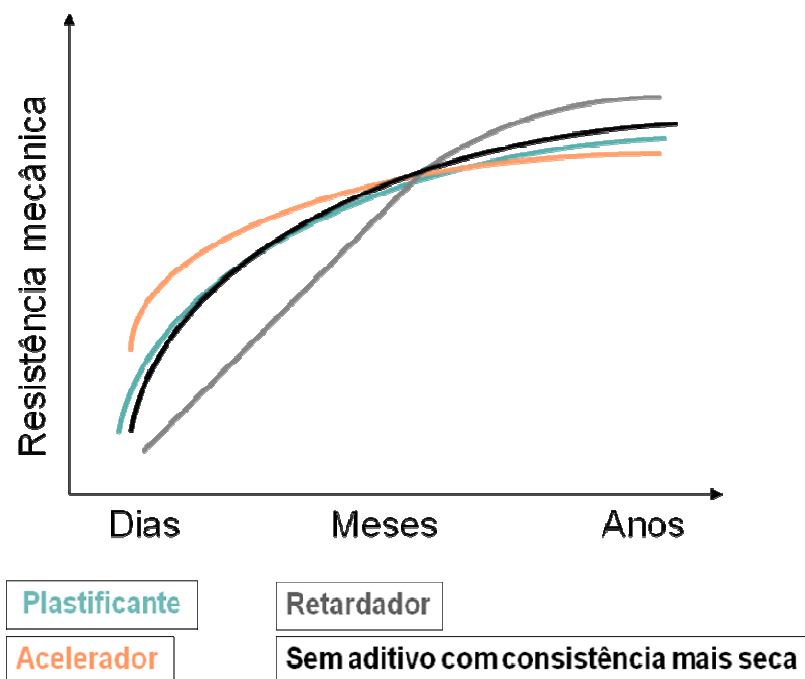


Gráfico 1 – *Influência dos aditivos sobre a resistência de cimentícios.*

2.3.4. Aditivos Aceleradores

Aceleradores: facilitam a dissolução da cal e da sílica, nos silicatos, e da alumina, nos aluminatos. Aceleram fortemente as reações iniciais de hidratação e endurecimento, especialmente do C3S, conforme esquematizado abaixo (**id.**, **ib.**):

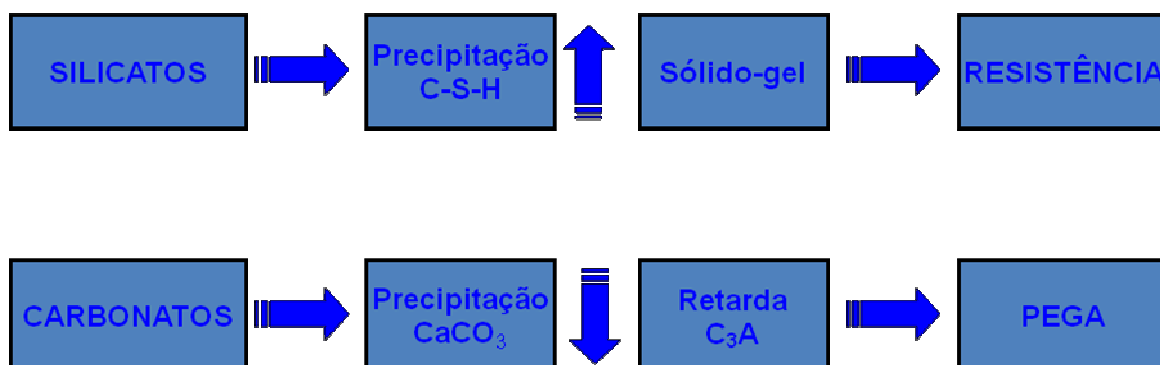


Figura 16 – Esquema referenciando os principais aditivos aceleradores.

Características Principais (id. , ib.):

- Empregados quando o concreto necessita ser solicitado a curto prazo;
- Reduzem o tempo de desforma;
- Os aceleradores à base de cloreto são os mais eficientes;
- Quanto maior o consumo de cimento, maior a eficiência do acelerador.

2.4 ENSAIOS DE RESISTÊNCIA À COMPRESSÃO

Os ensaios foram realizados com base na NBR 7215 (1996).

2.4.1. Determinação da resistência à compressão

Objetivo: esta Norma especifica o método de determinação da resistência à compressão de cimento Portland.

Referências normativas: NBR 6156:1983 - Máquina de ensaio de tração e compressão - Verificação - Método de ensaio; NBR 7214:1982 - Areia normal para ensaio de cimento – Especificação; NBR 9479:1994 - Câmaras úmidas e tanques para cura de corpos-de-prova de argamassa e concreto – Especificação (NBR 7215, 1996).

Método de ensaio: o método compreende a determinação da resistência à compressão de corpos-de-prova cilíndricos de 50 mm de diâmetro e 100 mm de altura.

3. PROGRAMA EXPERIMENTAL

Neste capítulo, será apresentado um experimento realizado com o intuito de analisar o comportamento da resistência *versus* tempo de um graute, oriundo da mistura de outros dois, sendo estes, um graute comum e, um graute com aditivo acelerador de pega.

Os traços foram ensaiados para determinação das resistências à compressão para pequenas idades.

3.1 MATERIAIS

A seleção dos materiais foi pautada em dois principais motivos:

- A adoção de um graute comum vendido no mercado varejista de lojas de materiais de construção na região da Grande Vitória;
- Utilização de um graute especial com presença de aditivos em sua composição que conferisse a este material aceleração de pega e altas resistência iniciais em baixas idades;
- Utilização de um aditivo para concreto classificado como acelerador (tipo A) aluminato de cálcio.

Baseados nestas condições foram utilizados para compor os traços de estudo neste programa experimental os seguintes produtos:

- SikaGrout250, classificado pelo fabricante Sika como argamassa fluida de elevada resistência para grauteamento.

Trata-se de uma argamassa pré-dosada composta por cimento Portland, areia de quartzo de granulometria selecionada e aditivos especiais convenientemente dosados, segundo descrição do produto em sua ficha técnica (SikaGrout250-Sika; 2011). De acordo com as informações apresentadas pelo setor de Suprimentos Gimacol e Fio e Ferro, em Vitória-ES, lojas distribuidoras de produtos Sika no mercado consumidor varejista, este produto é de parte integrante do estoque da loja;

- AnchorgROUT60, material fabricado pela AnchoRTec Quartzolit, definido pelo fabricante como graute de alta resistência inicial e pega rápida. Dentre as vantagens de sua aplicação, mencionada na ficha técnica, há destaque para: grande rapidez para liberação de áreas; desenvolve altas resistências iniciais com rápida desforma e liberação; liberação para carga média em 3 horas; altas resistências mecânicas e baixa permeabilidade;
- Aluminato de Cálcio ($\text{Al}_2\text{O}_3 + \text{CaO}$) destinado para aplicação com o objetivo de se obter redução de água acoplada à aceleração de pega, aumentando assim as resistências iniciais e finais de concretos e micro concretos, resistente a temperaturas de até 1350°C.

Para composição do traço de estudo, o SikaGrout250 será utilizado como elemento de referência, que sofrerá as variações com a inclusão do aditivo. Neste nestes ensaios considerados em diferentes dosagens de AnchorgROUT60 e Fondag51.

3.2 TRAÇO DO GRAUTE

Foram adotados 07 traços diferentes com a utilização de graute comum como elemento principal e graute especial e aditivo em dosagens diferenciadas para estudar o comportamento da resistência à compressão em baixas idades, ou seja, até 24 horas após a mistura dos produtos.

Para facilitar a identificação dos traços, adotou-se a seguinte nomenclatura para os materiais:

Nomenclatura	Produto	Fabricante	Embalagem
A	Graute Sikagrout 250	Sika	25 Kg
B	Graute AnchorgROUT 60	Anchortec	25 Kg
C	Aditivo	Kerneos	25 Kg

Tabela 1 – *Tabela de identificação dos traços*

A tabela abaixo apresenta os traços ensaiados:

TRAÇO	A	B	C	PROPORÇÃO
01	75,00 Kg	25,00 Kg	-	1:0,33:0
02	25,00 Kg	-	1,00 Kg	1:0:0,04
03	25,00 Kg	25,00 Kg	-	1:1:0
04	50,00 Kg	25,00 Kg	-	1:0,5:0
05	25,00 Kg	1,00 Kg	-	1:0,04:0
06	25,00 Kg	-	2,00 Kg	1:0:0,08
07	25,00 Kg	-	-	1:0:0

Tabela 2 – *Apresentação dos traços ensaiados*

3.3 MOLDAGEM DOS CORPOS DE PROVA

Foram moldados para cada traço de 10 a 12 corpos de prova cilíndricos padrão, dimensões 5x10cm, adotados de acordo com as normas estabelecidas pela ABNT NBR 5738:2008 Concreto - Procedimento para moldagem e cura de corpos-de-prova.



Foto 03 – *Mistura dos materiais.*

A utilização do corpo de prova com dimensões reduzidas é justificada pelo emprego de agregados graúdos na composição do graute com diâmetro reduzido, não excedendo a indicação do item 7.1 da ABNT NBR 5378:2008 que define como dimensão básica do corpo-de-prova o parâmetro mínimo de quatro vezes maior que a dimensão nominal máxima do agregado graúdo do concreto.

Durante o processo de moldagem foi dispensada a etapa de adensamento, pois o material moldado confere em suas características ser auto-adensável.

Os corpos de prova foram moldados em laboratório, e dispostos para os ensaios, como mostram as foto 02 e 03.



Foto 04 – *Fluidez do material*



Foto 05 – *Moldagem dos corpos de prova em laboratório*



Foto 06 – *Moldagem dos corpos de prova em laboratório*

3.4 ENSAIOS

Os ensaios de resistência à compressão obedeceram as ABNT NBR5739/1994 – Ensaio de compressão de corpos de prova cilíndricos.

Para cada traço estudado obteve-se um conjunto de resultados para as idades compreendidas entre as primeiras 24 horas após a moldagem. A foto 03 demonstra a prensa para realização do ensaio de resistência à compressão.



Foto 07 – Prensa mecânica para rompimento do corpo de prova

De posse dos resultados dos ensaios de resistência a compressão, obtidos no programa experimental, a análise e comparação será verificada no capítulo 04.

4. APRESENTAÇÃO E ANÁLISE DOS RESULTADOS

Este capítulo é composto da análise dos resultados obtidos dos ensaios de resistência a compressão dos traços definidos no capítulo 03.

Os resultados dos ensaios são objeto da tabela a seguir:

Determinação da resistência à Compressão

TRAÇO	IDADE (h)	LIMITE RESISTÊNCIA (MPa)		RESIST. MÉDIA (MPa)
		CP 1	CP2	
01	2,50	6,40	5,80	6,10
	3,50	7,60	7,50	7,55
	4,50	8,00	8,10	8,05
	16,00	10,90	11,20	11,05
	24,00	12,20	12,70	12,45

Tabela 3 – Resultados dos ensaios para o Traço 01

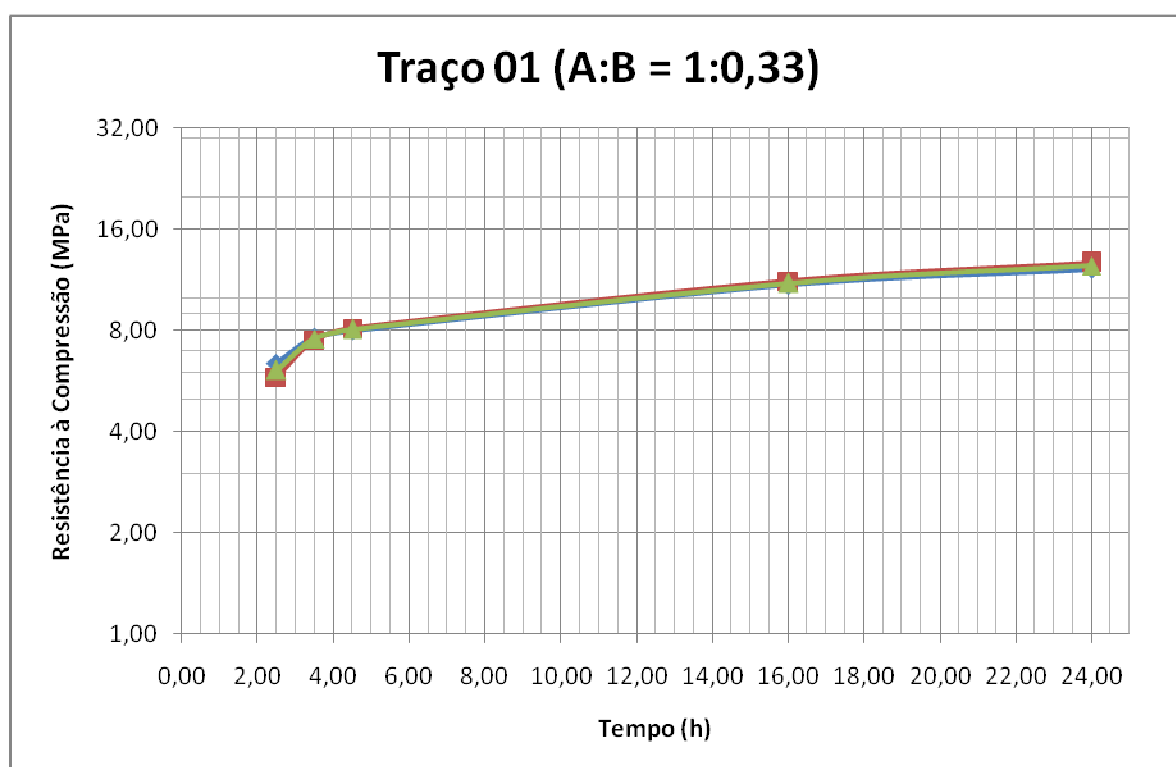


Gráfico 1 – Curva de resistência a Compressão (MPa) x Tempo (h) para os resultados dos ensaios para o Traço 01

Determinação da resistência à Compressão do Concreto

TRAÇO	IDADE (h)	LIMITE RESISTÊNCIA (MPa)		RESIST. MÉDIA (MPa)
		CP 1	CP2	
02	2,00	2,80	2,80	2,80
	3,00	3,40	3,40	3,40
	4,00	3,50	3,50	3,50
	16,00	3,90	4,30	4,10

Tabela 4 – Resultados dos ensaios para o Traço 02

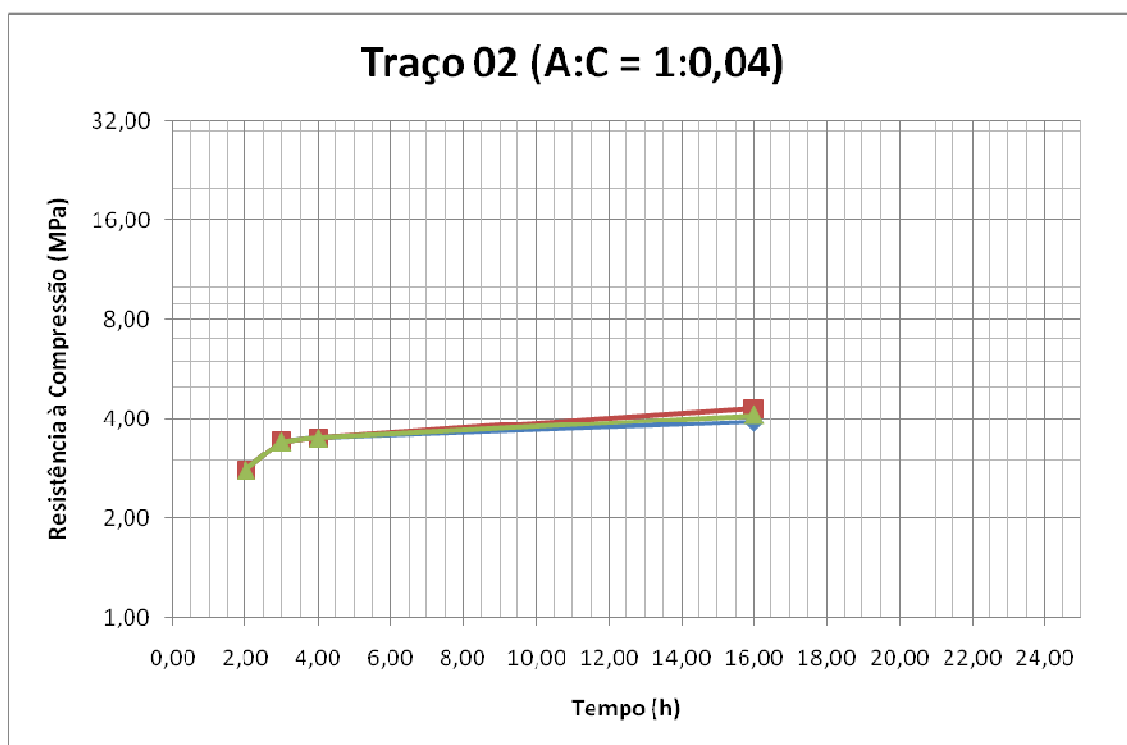


Gráfico 2 – Curva de resistência a Compressão (MPa) x Temp (h) para os resultados dos ensaios para o Traço 02

Determinação da resistência à Compressão do Concreto

TRAÇO	IDADE (h)	LIMITE RESISTÊNCIA (MPa)		RESIST. MÉDIA (MPa)
		CP 1	CP 2	
03	2,00	13,50	13,70	13,60
	3,00	15,30	14,90	15,10
	4,00	15,70	15,80	15,75
	5,00	16,50	16,60	16,55
	6,00	17,20	17,40	17,30
	12,00	18,20	18,40	18,30

Tabela 5 – Resultados dos ensaios para o Traço 03

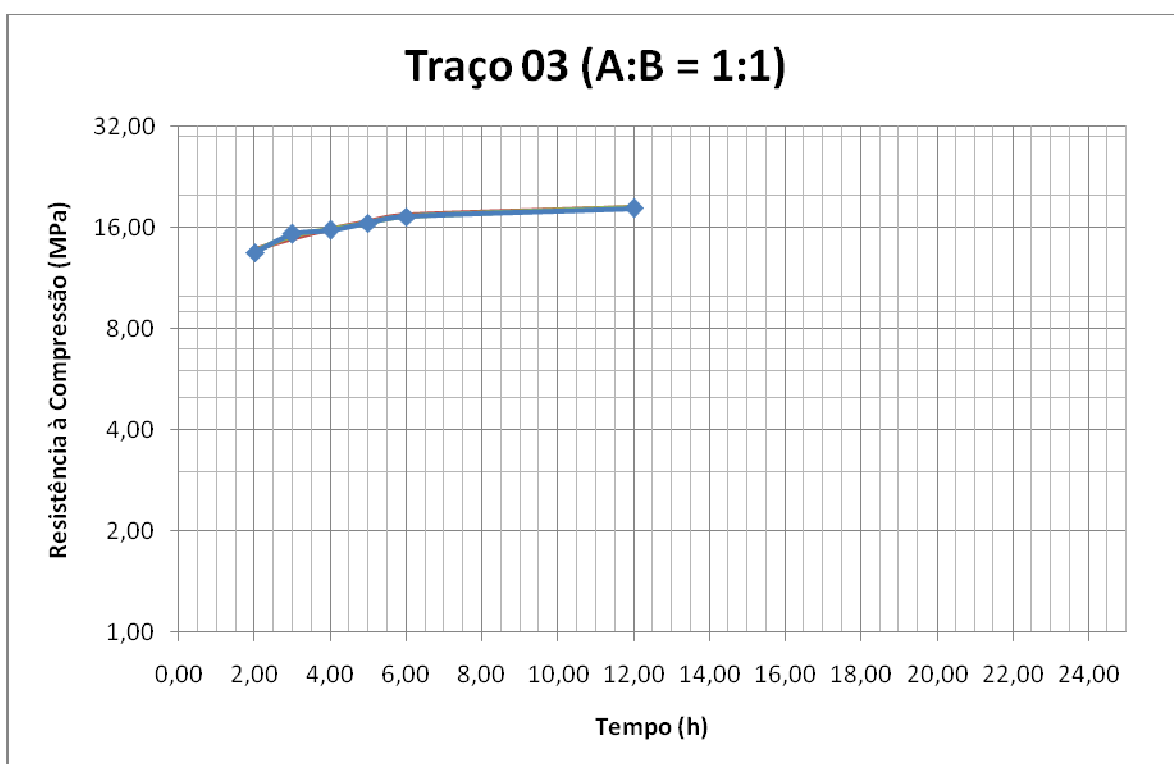


Gráfico 3 – Curva de resistência a Compressão (MPa) x Tempo (h) para os resultados dos ensaios para o Traço 03

Determinação da resistência à Compressão do Concreto

TRAÇO	IDADE (h)	LIMITE RESISTÊNCIA (MPa)		RESIST. MÉDIA (MPa)
		CP 1	CP2	
04	2,00	13,40	13,60	13,50
	3,00	15,60	15,70	15,65
	4,00	15,30	15,20	15,25
	5,00	16,30	16,40	16,35
	6,00	16,90	17,10	17,00
	12,00	16,90	17,10	17,00

Tabela 6 – Resultados dos ensaios para o Traço 04

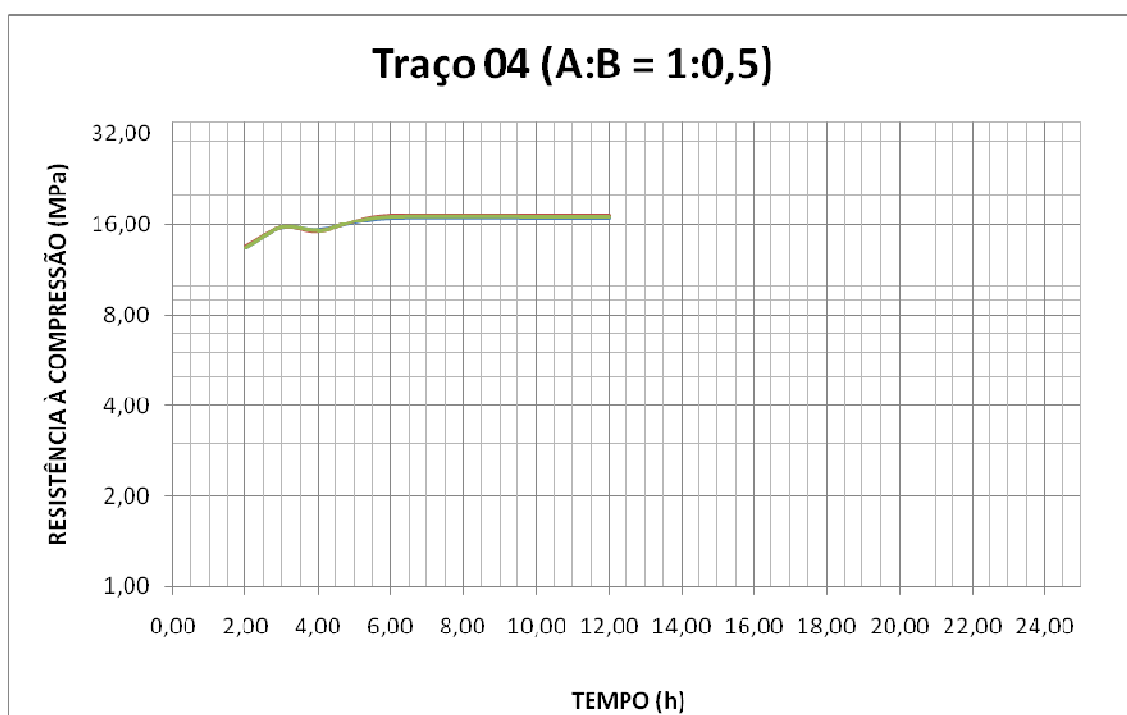


Gráfico 4 – Curva de resistência a Compressão (MPa) x Tempo (h) para os resultados dos ensaios para o Traço 04

Determinação da resistência à Compressão do Concreto

TRAÇO	IDADE (h)	LIMITE RESISTÊNCIA (MPa)		RESIST. MÉDIA (MPa)
		CP 1	CP2	
05	3,00	3,40	3,30	3,35
	4,00	3,70	3,60	3,65
	5,00	3,80	3,80	3,80
	6,00	4,20	4,30	4,25
	20,00	5,90	6,10	6,00
	24,00	58,70	58,90	58,80

Tabela 7 – Resultados dos ensaios para o Traço 05

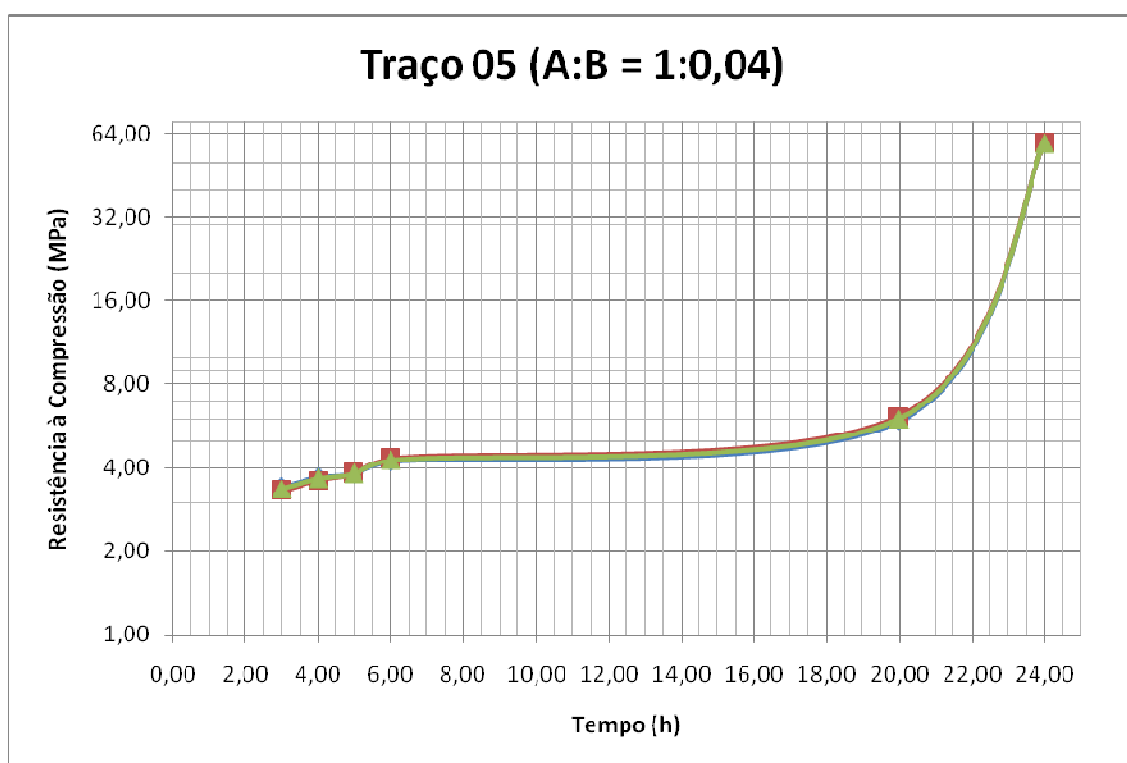


Gráfico 5 – Curva de resistência a Compressão (MPa) x Tempo (h) para os resultados dos ensaios para o Traço 05

Determinação da resistência à Compressão do Concreto

TRAÇO	IDADE (h)	LIMITE RESISTÊNCIA (MPa)		RESIST. MÉDIA (MPa)
		CP 1	CP2	
06	3,00	1,80	1,90	1,85
	4,00	2,10	2,10	2,10
	5,00	3,60	3,70	3,65
	6,00	4,50	4,60	4,55
	20,00	12,50	12,70	12,60
	24,00	51,10	51,30	51,20

Tabela 8 – Resultados dos ensaios para o Traço 06

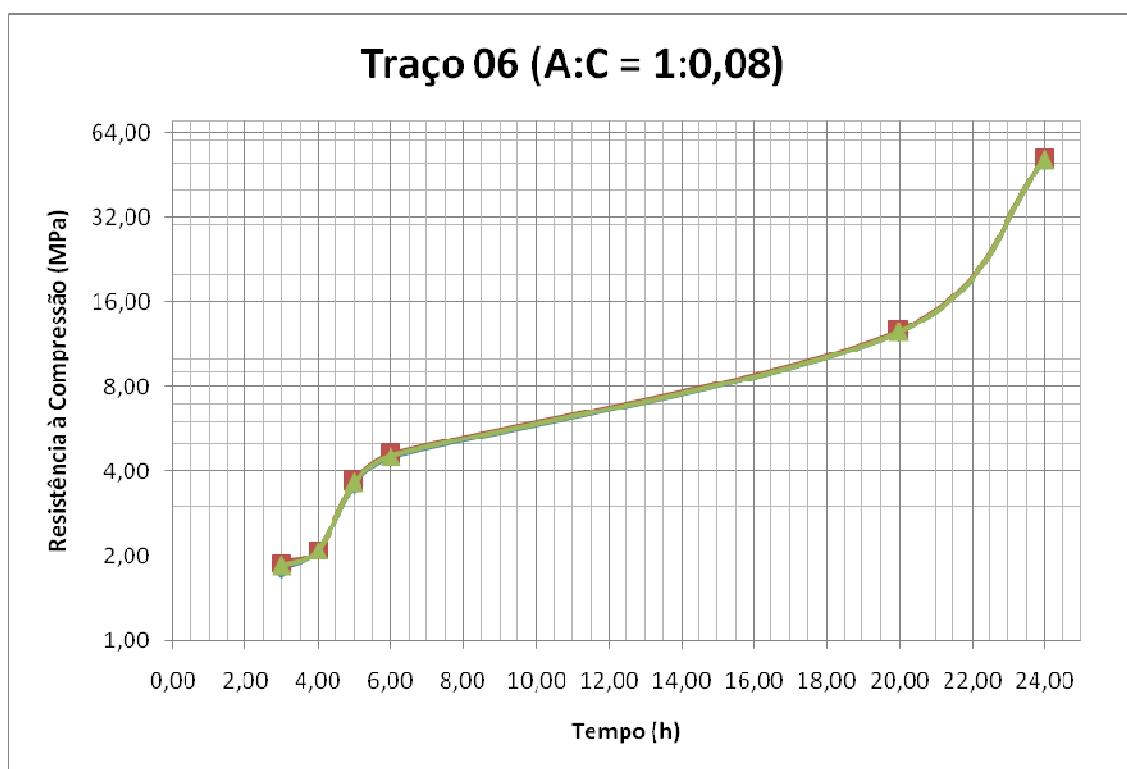


Gráfico 6 – Curva de resistência a Compressão (MPa) x Tempo (h) para os resultados dos ensaios para o Traço 06

Determinação da resistência à Compressão do Concreto

TRAÇO	IDADE (h)	LIMITE RESISTÊNCIA (MPa)		RESIST. MÉDIA (MPa)
		CP 1	CP2	
07	1,00	2,60	2,20	2,40
	1,50	5,90	6,20	6,05
	2,00	14,20	13,60	13,90
	2,50	19,30	21,50	20,40
	3,00	22,00	21,90	21,95
	3,50	22,50	22,40	22,45
	18,00	22,10	22,00	22,05
	24,00	30,50	29,90	30,20

Tabela 9 – Resultados dos ensaios para o Traço 07

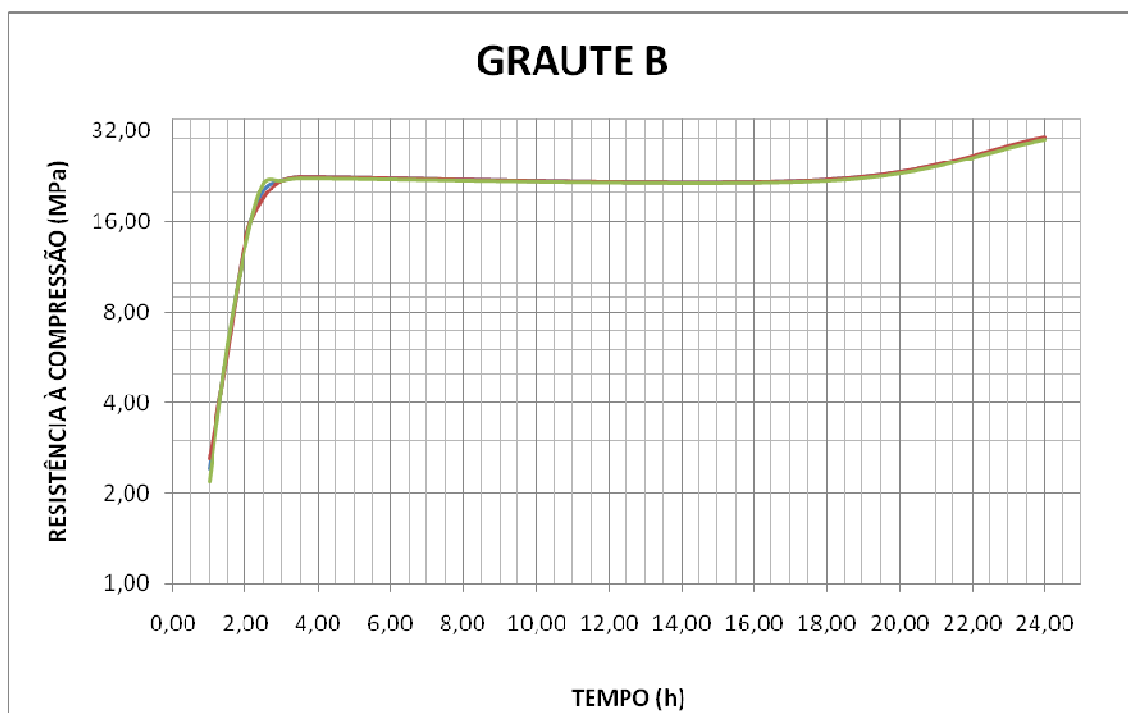


Gráfico 7 – Curva de resistência a Compressão (MPa) x Tempo (h) para os resultados dos ensaios para o Traço 07

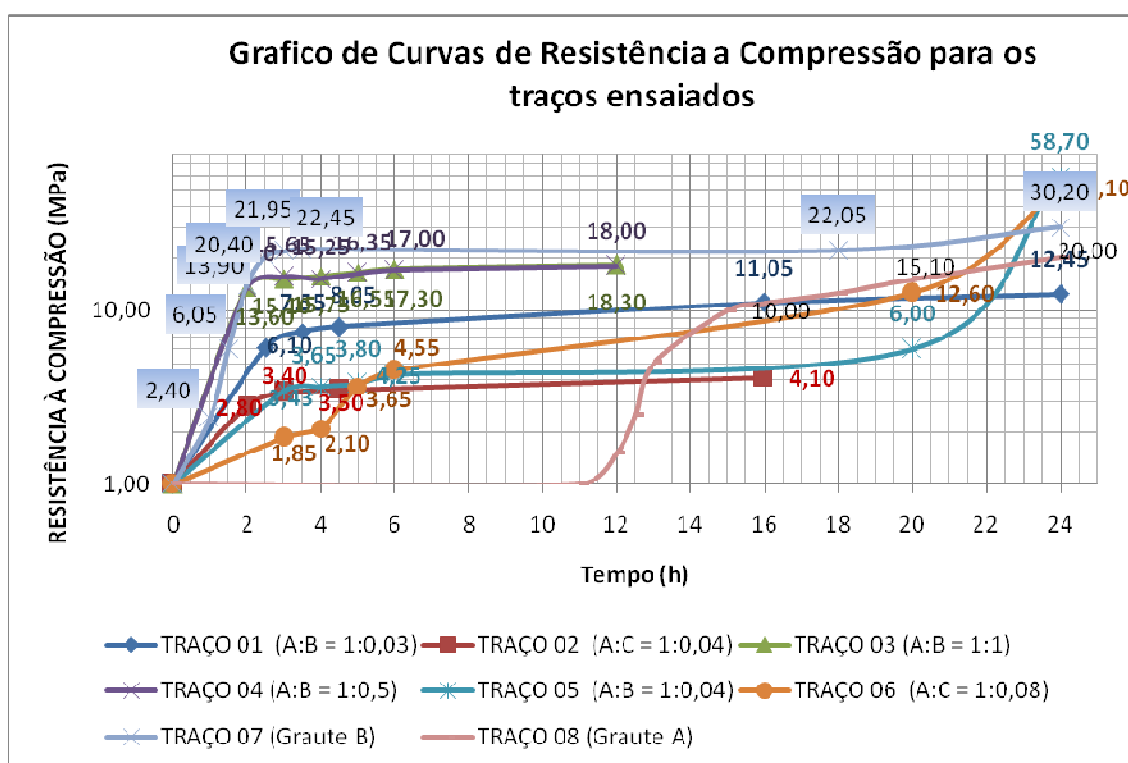


Gráfico 8 – Gráfico de Curvas de resistência a Compressão (MPa) x Tempo (h) para os resultados dos ensaios para os traços 1 a 8

5. CONSIDERAÇÕES FINAIS E SUGESTÕES PARA TRABALHOS FUTUROS

Neste capítulo apresentar-se-à as considerações finais deste trabalho, bem como as sugestões para novos estudos na área.

5.1. CONSIDERAÇÕES FINAIS

Todos os traços estudados, se relacionados com a curva de resistência à compressão do material graute A (Sikagrout250) apresentam resultados positivos para as leituras de resistência ao que diz respeito às primeiras 12 horas de idade.

No intervalo compreendido entre a 12^a e 24^a hora, somente os traços 3, 4, 5 e 6 apresentaram resultados superiores ao material graute A, utilizado com base.

Por outro lado, se o parâmetro comparativo for o graute B, simbolizado pelo Anchorgrout60, classificado como graute que apresenta altas resistências iniciais, somente as curvas dos traços 5 e 6 apresentaram resultados superiores a partir da 24^a hora.

As curvas dos traços 3 e 4 apresentaram comportamento muito semelhante, apesar da dosagem do componente B do traço ser 04 ser a metade da quantidade utilizada no traço 03.

Nos traços 02 e 06, dosados com o emprego de Aluminato de Calcio, apresentaram comportamento semelhante nas curvas para as idades entre 2 e 16 horas de idade, apesar do consumo de aditivo ser 50% menor no traço 02 em relação ao traço 06.

De um modo geral, os resultados obtidos foram satisfatórios, pois com os experimentos foi possível conferir aos traços testados resistências à compressão nas primeiras 12 horas após a mistura. Fato que não ocorria com um graute comum, como expresso na curva do traço 8.

5.2. RECOMENDAÇÕES PARA TRABALHOS FUTUROS

Para o aprimoramento dos estudos do caso apresentado, recomenda-se:

- Estudar os traços apresentados para idades a partir de 24 horas;
- Dar continuidade aos ensaios para os traços com idades estudadas até 16 horas para se obter mais dados comparativos aos grautes com resistência iniciais altas.

6. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

As referencias bibliográficas devem seguir a norma 6023 de 2002 da ABNT.
A seguir foram feitos alguns exemplos:

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 7207 – Terminologia e classificação de pavimentação**. Rio de Janeiro, 1982.

BALBO, J. T. **Pavimentos de Concreto**. São Paulo: Oficina de Textos, 2009.

BAPTISTA, C. F. **Pavimentação**. Porto Alegre: Globo, 1976.

CARVALHO, M. D. **Pavimento de Concreto: reduzindo o custo social**. Disponível em: http://www.abcp.org.br/sala_de_imprensa/arquivos_arquivos_pdf/pav_artigo2007.pdf. Acesso em 14/12/2009.

DNIT. **ES 48/2004: Execução de pavimento rígido com equipamento de forma trilha – especificação de serviço**. Rio de Janeiro, 2004.

DNIT. **PRO 60/2004 : Pavimento rígido – Inspeção visual**. Rio de Janeiro, 2004.

DNIT. **TER 61/2004: Pavimento rígido – Defeitos - Terminologia**. Rio de Janeiro, 2004.

DNIT. **PRO 62/2004: Pavimento rígido – Avaliação objetiva**. Rio de Janeiro, 2004.

DNIT. **PRO 63/2004: Pavimento rígido – Avaliação subjetiva**. Rio de Janeiro, 2004.

DNIT. **ES 67/2004: Pavimento rígido – Reabilitação – Especificação de Serviço**. Rio de Janeiro, 2004.

DNIT. **Manual de Pavimentos Rígidos**. Rio de Janeiro, 2005. Disponível em: <http://etg.ufmg.br/~jisela/pagina/Manual%20de%20Pav%20Rigidos%202005.pdf> Acesso em 01/06/2010 as 19:37 horas.

FEDERACIÓN INTERAMERICANA DEL CEMENTO (FICEM). **A Rodovia de Concreto Panamá : Guia Prático para Transferência da Tecnologia**. “La route em béton de ciment – Concrete Roads”. Comitê Técnico de Rodovias da AIPCR-PIARC – 1ª. Edição, 2006.