

ANDRE SZEREMETA  
NERYCARLOS LOUREIRO DA SILVA

**ESTUDO DA VARIAÇÃO NA RESISTÊNCIA A COMPRESSÃO DE  
CONCRETOS CONVENCIONAIS DEVIDO AOS DIFERENTES TIPOS  
DE CURA**

Monografia apresentada ao Curso de  
Tecnologia em concreto da  
Universidade Tecnológica Federal do  
Paraná, como parte dos requisitos  
para obtenção do título de Tecnólogo  
em Concreto.

Orientador:  
Prof. Dr. Adauto J. Miranda de Lima

**CURITIBA  
2013**

## **FOLHA DE APROVAÇÃO**

### **ESTUDO DA VARIAÇÃO NA RESISTÊNCIA A COMPRESSÃO DE CONCRETOS CONVENCIONAIS DEVIDO AOS DIFERENTES TIPOS DE CURA**

Por

**NERYCARLOS LOUREIRO DA SILVA  
ANDRE SZEREMETA**

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado ao Curso Superior de Tecnologia em Concreto, da Universidade Tecnológica Federal do Paraná, defendido e aprovado em 15 de julho de 2013, pela seguinte banca de avaliação:

---

Prof. Orientador – Adauto J. Miranda de Lima, Dr.  
UTFPR

---

Prof. Marcelo Queiroz Varisco, Esp.  
UTFPR

---

Prof. Wellington Mazer, Dr.  
UTFPR

*Dedicatória*

*Às nossas famílias, amigos e colegas de curso pelo incentivo e apoio a nós dedicados e a Deus.*

## **AGRADECIMENTOS**

A Deus pela força, saúde, proteção e sabedoria.

Aos mestres e professores do curso de Tecnologia em concreto.

Em especial agradecemos ao Prof. Dr. Adauto J. Miranda de Lima pela orientação, incentivo, dedicação e ensinamentos valiosos.

As nossas famílias...

A todos os colegas de curso, pela amizade e companheirismo durante o decorrer do curso.

Aos amigos sempre presentes, por compartilharem as dificuldades e alegrias durante esta caminhada.

A todos os professores do DACOC - Departamento Acadêmico de Construção Civil, pela ajuda na realização da execução e desenvolvimento dos ensaios.

A todos que contribuíram direta ou indiretamente para a conclusão deste projeto de pesquisa.

## RESUMO

Por que a cura do concreto muitas vezes é negligenciada? O nosso desejo para a produção rápida é geralmente o 1º culpado. As pessoas muitas vezes não têm paciência, especialmente quando o tempo é dinheiro, e cura exige paciência e atenção aos detalhes. A cura é muito mais que a simples evaporação da água de amassamento do concreto, é um fator de total importância para sua resistência e durabilidade. Pois é através dos métodos de cura que garantimos a total hidratação do cimento. Neste trabalho será abordado e correlacionar três tipos de cura que são mais usados nas obras convencionais e seu desenvolvimento da resistência a compressão, utilizando dois traços será analisado numérica e estatisticamente as vantagens da utilização de métodos de cura.

Palavras-chave: Cura, tipos de cura, concreto, resistência.

## **ABSTRACT**

Why the curing of concrete is often neglected? Our desire for rapid production is usually the 1st culprit. People often have no patience, especially when time is money, and healing requires patience and attention to detail. The healing is much more than the simple evaporation of water kneading of concrete, is a factor of importance for overall strength and durability. For it is through the healing methods that guarantee full hydration of the cement. In this work we address and correlating three types of cure are mostly used in conventional construction and its development of resistance to compression, using two numerical traces and statistically we will see the advantages of using curing methods.

Keywords: Healing, healing types of concrete strength.

## LISTA DE FIGURAS

FIGURA 01 – Slump Teste.....	30
FIGURA 02 – Identificação de corpos de prova após moldagem.....	31
FIGURA 03 – Corpos de prova submerso em câmara úmida .....	31
FIGURA 04 – Corpos de Prova após aplicação do aditivo de cura superficial .....	32
FIGURA 05 – Gráfico traço “A” - Resistência aos 3 dias.....	38
FIGURA 06 – Gráfico traço “B” - Resistência aos 3 dias.....	38
FIGURA 07 – Gráfico traço “A” - Resistência aos 7 dias.....	39
FIGURA 08 – Gráfico traço “B” - Resistência aos 7 dias.....	40
FIGURA 09 – Gráfico traço “B” - Resistência aos 28 dias.....	40
FIGURA 10 – Gráfico traço “B” - Resistência aos 28 dias.....	41
FIGURA 11 – Corpos de prova aos 28 dias após o rompimento (Cura Submersa/ Cura Química/ Cura Normal).....	41

## LISTA DE TABELAS

TABELA 01 - Componentes do clínquer, seus percentuais e suas propriedades. ....	15
TABELA 02 - Quantidade de corpos de prova para complementação do estudo .....	33
TABELA 03 – Analise de Variância .....	34
TABELA 04 - Analise granulométrica do agregado miúdo .....	36
TABELA 05 - Analise granulométrica do agregado graúdo.....	37
TABELA 06 – Analise estatística Traço “A” Resistencia à Compressão (MPa) .....	42
TABELA 07 – Analise estatística Traço “B” Resistencia à Compressão (MPa) .....	42
TABELA 08 - Resultado absorção.....	43



## LISTA DE ABREVIATURAS E SIMBOLOS

ABCP: Associação Brasileira de Cimento Portland

ABNT: Associação Brasileira de Normas Técnicas

ANOVA: Análise de Variância

CP: Corpos de Prova

CPII-E: Cimento Portland Composto com Escoria

IPT: Instituto de Pesquisas Tecnológicas

Mpa: Mega Pascal

NBR: Norma Brasileira Registrada

NM: Norma Mercosul

R a/c: Relação Água-Cimento

UTFPR: Universidade Tecnológica Federal do Paraná

## SUMARIO

<b>1</b>	<b>INTRODUÇÃO .....</b>	<b>11</b>
1.1.	JUSTIFICATIVA .....	11
1.2.	OBJETIVOS .....	12
1.2.1.	Objetivo Geral.....	12
1.2.2.	Objetivo Especifico .....	12
1.3.	ESTRUTURA DO TRABALHO .....	12
<b>2</b>	<b>REVISÃO BIBLIOGRÁFICA .....</b>	<b>14</b>
2.1.	MATERIAIS .....	14
2.1.1.	Cimento Portland .....	14
2.1.2.	Água.....	16
2.1.3.	Agregados.....	17
2.1.4.	Aditivos – Agentes de cura.....	18
2.2.	TECNOLOGIA DO CONCRETO .....	19
2.2.1.	Concreto .....	19
2.3.	CURA DO CONCRETO .....	20
2.3.1.1.	Cura Úmida.....	22
2.3.1.2.	Cura Submersa .....	22
2.3.2.	Cura Química .....	23
2.3.3.	Cura Normal (Sem Cura).....	23
2.3.4.	Cura à Vapor .....	23
2.3.5.	Cura Elétrica .....	24
2.3.6.	Cura Térmica.....	24
<b>3</b>	<b>MATERIAS E MÉTODOS .....</b>	<b>26</b>
3.1.	CARACTERISTICA DA PESQUISA .....	26
3.2.	MÉTODOS DE PESQUISA .....	26
3.3.	VARIÁVEIS DE ESTUDO .....	27
3.4.	CARACTERISTICA DOS MATERIAIS .....	27
3.4.1.	Aglomerante .....	27
3.4.2.	Agregado Miúdo.....	28
3.4.3.	Agregado Graúdo .....	28

3.4.4. Água.....	28
3.5. CARACTERÍSTICAS DO CONCRETO.....	28
3.6. PRODUÇÃO DE CP'S .....	29
3.6.1. Amostra Mínima .....	29
3.6.2. Mistura dos Materiais .....	29
3.6.3. Determinação da consistência pelo abatimento do tronco de cone (Slump Test) .....	30
3.6.4. Moldagem dos corpos de prova (NBR 5738).....	30
3.6.5. Cura Submersa .....	31
3.6.6. Cura Química .....	32
3.6.7. Cura ao Normal.....	32
3.7. ANÁLISE DE ESTATÍSTICA DOS DADOS.....	33
3.7.1. Análise da Variância – ANOVA .....	33
3.7.2. Teste de Comparação de Médias .....	34
<b>4 ANÁLISE DOS RESULTADOS .....</b>	<b>36</b>
4.1. RESULTADO CARACTERIZAÇÃO DOS AGREGADOS .....	36
4.2. RESULTADO AOS 3º dia .....	37
4.3. RESULTADO AOS 7º dia .....	39
4.4. RESULTADO AOS 28º dia.....	40
4.5. ANÁLISE ESTATÍSTICA.....	42
4.6. RESULTADO ABSORÇÃO .....	43
<b>5 CONCLUSÃO E CONSIDERAÇÕES FINAIS.....</b>	<b>44</b>
5.1. CONCLUSÕES DO ESTUDO.....	44
5.2. SUGESTÃO PARA TRABALHOS FUTUROS .....	44
5.3. CONSIDERAÇÕES FINAIS .....	45
<b>REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....</b>	<b>46</b>
<b>APÊNDICE.....</b>	<b>49</b>
APÊNDICE 1 – Resultado Resistência a Compressão .....	49
APÊNDICE 2 – Tratamento Estatístico – Relatório do Programa .....	50
<b>ANEXO .....</b>	<b>53</b>

# 1 INTRODUÇÃO

A cura é realizada por duas razões básicas: Melhor hidratação do cimento e reduzir ao máximo a retração do concreto, fatores intrínsecos à durabilidade.

O fator mais importante na cura do concreto é promover uma ação que garanta água suficiente para que todo o processo de reação química do cimento se complete.

Nos concretos convencionais, com maior relação a/c, há unanimidade em aceitar que a cura adequada é condição essencial para obtenção de um concreto durável.

As características superficiais do concreto são as mais afetadas por uma cura inadequada, acarretando patologias como, alta permeabilidade, porosidade, carbonatação, ocorrência de fissuração, etc.

Um concreto não curado, ou mal curado, pode ter resistência até 30% mais baixa, além de ser muito vulnerável aos agentes agressivos, devido a grande quantidade de fissuras que se formam, às vezes imperceptíveis a olho nu.

## 1.1. JUSTIFICATIVA

Devido à dinâmica e crescimento do mercado da construção civil, na grande maioria dos casos, não são respeitadas muitas etapas construtivas, que são fundamentais para vida útil das construções, em decorrência da necessidade de liberação de áreas em curtos espaços de tempo, muitos construtores não se utilizam de métodos de cura para garantir uma melhor durabilidade de suas estruturas.

## 1.2. OBJETIVOS

Considerando os itens anteriores, podem-se estabelecer os objetivos desta pesquisa como:

### 1.2.1. Objetivo Geral

O objetivo geral do presente trabalho é a análise do melhor método de cura do concreto, a ser determinada através da comparação de três métodos de cura de uso corrente.

### 1.2.2. Objetivo Especifico

Análise do desempenho do concreto através da determinação do desenvolvimento da resistência à compressão do concreto em suas primeiras idades (3, 7 e 28 dias), em duas dosagens de concreto diferentes elaborada com cimento Portland CP II-E 32.

Análise do reflexo dos diferentes tipos de cura sobre as características físicas do concreto.

## 1.3. ESTRUTURA DO TRABALHO

O trabalho encontra-se dividido em 5 capítulos:

O Capítulo 1 foi feita uma introdução a pesquisa, destacando-se a sua justificativa, objetivos e estrutura do trabalho

O Capítulo 2 apresenta a revisão bibliográfica sobre os tipos de cura e materiais

O Capítulo 3 é feita uma descrição sobre a metodologia utilizada para o desenvolvimento do trabalho, destacando-se se a caracterização dos materiais, característica do concreto, e verificação da resistência.

O Capítulo 4 apresentação dos resultados.

O Capítulo 5 considerações finais.

## 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. MATERIAIS

#### 2.1.1. Cimento Portland

Aglomerante hidráulico obtido pela moagem de clínquer Portland ao qual se adiciona, durante a operação, a quantidade necessária de uma ou mais formas de sulfato de cálcio. Durante a moagem é permitido adicionar a esta mistura materiais pozolânicos, escórias granuladas de alto-forno e/ou materiais carbonáticos (NBR 11578/91)

O cimento por definição é um material aglomerante hidráulico que se apresenta na forma de um pó muito fino (VALENZUELA, 1989). Hidráulico porque em contato com a água provoca uma reação química que libera calor (reação exotérmica) e forma uma pasta capaz de endurecer por secagem natural, (NÃÃS, 1990).

Segundo HACHMI e CAMPBELL (1989), o cimento Portland é constituído por uma complexa mistura de materiais inorgânicos que variam de um tipo para outro. Dentre eles, os principais compostos do clínquer e suas propriedades específicas são mostrados na TABELA 01.

Segundo MEHTA (1994), além da composição, a finura do cimento influencia a sua reação com a água. Geralmente quanto mais fino o cimento, mais rápido ele reagirá. Para uma dada composição, a taxa de reatividade e, portanto, de desenvolvimento da resistência, pode ser aumentada através de uma moagem mais fina do cimento.

Uma vez que o cimento Portland é composto de uma mistura heterogênea de vários compostos, o processo de hidratação consiste na ocorrência de reações simultâneas dos compostos anidros com a água. Entretanto, todos os compostos não hidratam à mesma velocidade, o enrijecimento e a pega, características da pasta do cimento Portland são amplamente determinados por reações de hidratação envolvendo os aluminatos, já os silicatos, que compõem aproximadamente 75% do cimento Portland comum, tem um importante papel na determinação das características de endurecimento (MEHTA, 1994).

TABELA 01 - Componentes do clínquer, seus percentuais e suas propriedades.

NOME	FÓRMULA	ABREVIATURA	% NO CLÍNQUER	PROPRIEDADES TECNOLÓGICAS
Silicato Tricálcico (Alita)	$3\text{CaO} \cdot \text{SiO}_2$	$\text{C}_3\text{S}$	25 – 60	Endurecimento rápido Alto calor de hidratação Alta resistência inicial
Silicato Bicálcico (Belita)	$2\text{CaO} \cdot \text{SiO}_2$	$\text{C}_2\text{S}$	15 – 20	Endurecimento lento Baixo calor de hidratação Baixa resistência inicial
Aluminato Tricálcico (Aluminato)	$3\text{CaO} \cdot \text{Al}_2\text{O}_3$	$\text{C}_3\text{A}$	4 – 12	Pega muito rápida Alto calor de hidratação Baixa resistência inicial Alta retração
Ferro Aluminato Tetracálcico (Ferrita)	$4\text{CaO} \cdot \text{Al}_2\text{O}_3 \cdot \text{Fe}_2\text{O}_3$	$\text{C}_4\text{AF}$	8 – 12	Endurecimento lento Não contribui para a resistência Cor escura
Cal Livre	$\text{CaO}$	C	5 – 8	Aceitável em pequenas quantidades Maiores quantidades causam aumento de volume e fissura

Fonte: BATTAGIN e ESPER (1988)

Durante os primeiros estágios de hidratação do cimento, segundo HACHMI e CAMPBELL (1989), o  $\text{C}_3\text{S}$  e o  $\text{C}_2\text{S}$  são hidratados para formar principalmente hidróxido de cálcio  $\text{Ca}(\text{OH})_2$ . Cerca de 25% em peso do cimento é convertido em  $\text{Ca}(\text{OH})_2$ .



### 2.1.2. Água

A água tem fundamental importância no concreto, visto que o cimento, quando hidratado, sofre uma reação química exotérmica (emite calor) que resulta no seu endurecimento.

Muitas das propriedades mecânicas do cimento, segundo (NEVILLE, 1997), não dependem tanto da composição química do cimento quanto da estrutura física dos produtos de hidratação. Em qualquer estágio da hidratação, a pasta endurecida consiste de produtos hidratados dos diversos compostos, denominados genericamente de gel, de cristais de  $\text{Ca(OH)}_2$ , cimento não hidratado e espaços residuais cheios de água na pasta fresca. Estes vazios são denominados de poros capilares, porém existem também os poros chamados de gel que são vazios intersticiais no interior do gel. Para o caso de concretos, NEVILLE (1982), TARTUCE e GIOVANNETTI (1990), explicam que, quando um concreto está plenamente adensado, a sua resistência é inversamente proporcional à relação água cimento (doravante citado como relação a/c). Esta relação, segundo NEVILLE (1982), determina a porosidade da pasta de cimento em qualquer estágio da hidratação, assim, tanto a relação a/c, quanto o grau de adensamento têm influência sobre o volume de vazios. A rigor, a resistência do concreto é influenciada, provavelmente, pelo volume total de vazios do concreto: ar aprisionado, poros capilares, poros de gel e ar incorporado.

Segundo informações da Federação da Indústria Cimenteira da Bélgica, (VALENZUELA, 1989) apud (LATORRACA, 2000), a quantidade mínima de água para hidratação situa-se entre 20 e 40% (em massa). Mas, segundo o pesquisador, uma relação a/c de 0,4 conduz a ótimos resultados, apesar de na prática ser mais recomendável utilizar uma relação a/c de 0,5 em massa.

A água deve ser livre de componentes inibidores da cura do cimento, como normalmente é conhecido na química do concreto (SIMATUPANG et al., 1978). Segundo informações de KATTAR e ABREU (1999), os efeitos das impurezas na água dependem da natureza, e o teor das substâncias encontradas, tais como, óleos, ácidos e matéria orgânica (LATORRACA, 2000).

### 2.1.3. Agregados

Segundo Metha e Monteiro (2008), os agregados são comumente tratados como material de enchimento inerte do concreto. Essa afirmação se deriva da observação de que o agregado não faz parte das complexas reações químicas com a água (MEHTA e MONTEIRO, 2008). O estudo dos agregados deve ser considerado imprescindível em um curso de tecnologia do concreto, tendo em vista que de 70% a 80% do volume do concreto é constituído pelos agregados, bem como é o material menos homogêneo com que se lida na fabricação do concreto e das argamassas (RODRIGUES, 2000).

É necessário conhecer certas características dos agregados, para a definição das dosagens de concreto. Em geral, as propriedades do agregado afetam não apenas as características de dosagem do concreto, mas também o comportamento do concreto nos estados fresco e endurecido (MEHTA e MONTEIRO, 2008). Considerando que os Agregados quanto a sua origem são classificados como Naturais ou Artificiais levando em consideração a sua obtenção. a) Naturais - são aqueles que já são encontrados na natureza sob a forma de agregado (exemplo: areia de cava, seixo rolado, etc.); b) Artificiais - são aqueles que necessitam ser trabalhados para chegarem à condição necessária e apropriada para uso (exemplo: brita, pó de pedra, RCD – resíduo de construção e demolição (BASÍLIO, 1995). O agregado artificial miúdo proveniente da britagem do arenito que é uma rocha sedimentar, se forma a partir de mudanças ocorridas em outras rochas depois de fragmentadas pelo intemperismo, são transportados pelos ventos ou pela água da chuva até os rios que, por sua vez, vão se depositando em camadas. O arenito é composto por quartzo, mineral mais abundante, feldspato ou outros materiais de origem ígnea e fragmentos líticos. Esses fragmentos ou sedimentos vão se acumulando ao longo do tempo. As camadas de cima exercem pressão sobre as camadas de baixo, compactando-as e cimentando os fragmentos, endurecendo a massa formada. É assim que surgem as rochas sedimentares (MACHADO, 2010) Ao contrário das areias de rios, a areia artificial possui como principal vantagem manter sempre a mesma faixa granulométrica pelo seu beneficiamento. Além disso, dois aspectos podem ser considerados de grande relevância na utilização de areia artificial em substituição à areia natural. O primeiro aspecto é de ordem ambiental,

pois o uso dos rejeitos dos agregados graúdos na fabricação de areia artificial e a diminuição da utilização de areia natural nas construções irão reduzir a extração deste material do meio ambiente (COSTA, 2005).

#### 2.1.4. Aditivos – Agentes de cura

Um composto líquido, à base de água, que melhora a cura do concreto. É aplicado sobre a superfície do concreto fresco formando uma película contínua, flexível e de coloração branca que além de demarcar a área onde o produto foi aplicado, também funciona como repulsor de raios solares e evita a evaporação brusca da água de amassamento do concreto. Desta maneira o concreto completa seu processo de endurecimento em presença da maior umidade possível para correta hidratação das partículas de cimento Portland (BASF,2012).

##### Propriedades e Benefícios em estado fresco

- Fácil aplicação;
- Protege o concreto fresco de climas secos e calorosos;
- Permite melhor hidratação do cimento;
- Evita a utilização de panos úmidos, sacos plásticos na superfície do concreto fresco.

##### Estado Endurecido

- Reduz a geração de fissuras por secagem;
- Reduz a retração do concreto;
- Colabora com o desenvolvimento da resistência mecânica do concreto endurecido, inclusive à abrasão;
- Aumenta a durabilidade do concreto. .(BASF,2012)

## 2.2. TECNOLOGIA DO CONCRETO

Concreto é um material resultante da aglomeração de agregados miúdos, graúdos e por uma pasta de cimento, eventualmente contendo aditivos (SOBRAL, 2000).

A mistura de cimento, água, agregado graúdo e 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.

“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”. (PETRUCCI, 1968)

### 2.2.1. Concreto

A água e o cimento, quando misturados, desenvolvem um processo denominado hidratação e formam uma pasta que adere às partículas dos agregados. Nas primeiras horas após o preparo é possível dar a essa mistura o formato desejado. Algumas horas depois ela endurece e, com o passar dos dias, adquire grande resistência mecânica, convertendo-se num material monolítico dotado das mesmas características de uma rocha.

A resistência do concreto depende destes três fatores básicos:

- Resistência da pasta;
- Resistência do agregado;
- Resistência da ligação entre a pasta e o agregado.

Entretanto, para conseguir-se um conjunto monolítico e resistente, é indispensável produzir corretamente o concreto.

A produção do concreto consta de uma série de operações executadas e controladas de forma a obter-se, a partir dos materiais componentes, um concreto que depois de endurecido resista aos esforços derivados das mais diversas condições de carregamento a que possa ser submetido, bem como apresente características de durabilidade.

As operações necessárias à obtenção de um concreto são:

- Dosagem ou quantificação dos materiais;
- Mistura dos materiais;
- Transporte até o local da obra;
- Lançamento, ou seja, colocação do concreto no seu local definitivo (normalmente em uma forma);
- Adensamento, que consiste em tornar a massa do concreto a mais densa possível, eliminando os vazios;
- Cura, ou seja, os cuidados a serem tomados a fim de evitar a perda de água pelo concreto nos primeiros dias de idade.

A obtenção de um concreto de boa qualidade depende de todas essas operações. Se qualquer delas for mal executada, causará problemas ao concreto. Não há como compensar as falhas em uma das operações com cuidados especiais em out (ARAUJO, 2000)

### 2.3. CURA DO CONCRETO

A cura é uma série de procedimentos adotados para controlar a hidratação do cimento, para que o concreto endureça corretamente e as estruturas apresentem, após o processo completo, o desempenho esperado. Uma das principais funções da cura é evitar que o concreto perca água para o ambiente e retraia abruptamente, o que acarreta o surgimento de fissuras. (PINI, 2012)

O endurecimento do concreto ocorre por um processo químico de hidratação. Hidratação é a reação entre cimento e água que dá origem às características de pega e endurecimento. "É um erro dizer que o concreto seca quando se quer dizer que ele endurece. A adição de água ao cimento tem como produto o cimento hidratado. De uma pasta passa-se a ter um sólido", explica Carlos Tango, pesquisador do Laboratório de Concreto do IPT. O processo de hidratação que ocorre no interior do concreto lhe garante resistência e estabilidade dimensional.

Em condições normais de temperatura, alguns dos constituintes do cimento Portland começam a se hidratar a medida que é adicionada água, mas as reações de hidratação retardadas consideravelmente quando os produtos de hidratação cobrem os grãos de cimento anidro. Esta é a razão porque a hidratação somente pode proceder satisfatoriamente em condições de saturação, ela quase para quando a pressão de vapor de água nos capilares cai para menos de 80% da umidade de saturação. Tempo e umidade são, portanto fatores importantes nos processos de hidratação controlados pela difusão da água. Além do mais, como em todas as reações químicas, a temperatura tem um efeito acelerador sobre as reações de hidratação (METHA E MONTEIRO, 1994).

Mehta e Monteiro (2008) definem a cura do concreto como os procedimentos destinados a promover a hidratação do cimento, consistindo no controle do tempo, temperatura e condições de umidade logo após o lançamento do concreto.

A cura do concreto pode ser feita por vários métodos, pode-se citar:

### 2.3.1. Cura em Câmara

Deve-se manter a superfície do concreto úmida por meio de aplicação de água na sua superfície ou manter o concreto coberto com água ou totalmente imerso em água par evitar que ocorra evaporação da mesma.

### 2.3.1.1. Cura Úmida

Sua realização pode ser feita através de molhagem (aspersão com água, areia, sacos de aniagem, serragem), sendo geralmente a mais utilizada submersão ou por imersão. A temperatura da água é um fator importante, pois o concreto pode apresentar trincas devido à ocorrência de tensões térmicas. Outros fatores a serem considerados são a molhagem contínua do concreto e a utilização de água sem adição de agentes agressivos (ANVAR, 2005).

A cura úmida deve ser iniciada logo após o início da hidratação do cimento, ou seja, nos casos comuns, duas ou três horas após o lançamento. Não há um tempo pré-determinado para a realização da cura, sabendo que quanto maior for esse prazo melhores serão as condições de formações dos cristais, mais refinada será a estrutura interna, com maior resistência e maior durabilidade (PETRUCCI, 2005).

### 2.3.1.2. Cura Submersa

Trata-se do método de cura com água mais satisfatório, porém, menos utilizado. Consiste na imersão total, em água, da superfície do concreto, logo após seu adensamento (BAUER, 1991).

O alagamento é geralmente utilizado em lajes de concreto, tais como, piso de pontes, pavimentos, tetos planos ou em qualquer peça onde possa criar represamento de água, através de diques com argamassa, terra ou pelo emprego de material impermeável junto à borda da laje. A água da cura não deverá apresentar gradiente térmico superior a 11°C (mais fria), em relação ao do concreto, pois devido aos esforços provenientes da variação de temperatura, poderão ocorrer fissuras (BAUER, 1991).

### 2.3.2. Cura Química

Consiste em aspergir um produto que forma uma película na superfície do concreto e que impede que haja evaporação da água do concreto;

Também chamada de cura com membrana, a cura química caracteriza-se pela utilização de emulsões aquosas de aspecto leitoso a base de hidrocarbonetos parafínicos, resinas sintéticas ou compostas que são aplicados ao concreto após a desforma ou quando desaparece a água livre da superfície (ANVAR, 2005).

Segundo Neville (1997), o momento ideal é aquele em que desaparece a água livre na superfície do concreto de modo que não se veja mais o brilho dessa água.

### 2.3.3. Cura Normal (Sem Cura)

Na cura ao ar do concreto não são tomados cuidados especiais para se evitar a evaporação prematura da água necessária para a hidratação do cimento. Neste caso, após concretados são expostos ao tempo sem nenhum tipo de cuidado ou proteção. No entanto, este procedimento pode trazer alguns efeitos danosos ao concreto, como problemas de fissura causados por retração (NEVILLE, 1997). Este método de cura é o mais simples e não demanda qualquer esforço

### 2.3.4. Cura à Vapor

A cura a vapor na qual as peças são submetidas a um ambiente de vapor de água à temperatura de 70° C, sob pressão ou não, favorece extremamente o rápido endurecimento do concreto, que atinge, após 1 dia de cura, resistências que podem



ser parecidas com àquelas desenvolvidas aos 28 dias, quando for utilizada cura úmida normal. Nos processos de fabricação seriada de peças pré-moldadas, nos quais o fator tempo é premente, a cura a vapor sob pressão é bastante usual, resultando, em geral, produtos de alta qualidade (BAUER, 1991).

A cura a vapor ao mesmo tempo em que garante a umidade necessária ao concreto, acelera a velocidade de ganho de resistência pelo aquecimento.

Por estarem envolvidas pressões maiores do que a atmosférica, a câmara de cura deve ser do tipo câmara de pressão com entrada para vapor saturado; não se deve deixar o vapor superaquecido entrar em contato com o concreto porque poderia causar a secagem deste. Essa câmara é conhecida como autoclave e cura com vapor a alta pressão é conhecida como autoclavamento.

No campo do concreto, é normalmente aplicada em produtos pré-moldados, geralmente de pequeno porte, mas também para peças de treliças de pontes, feitos tanto com concreto normal como com concreto leve, quando se desejam algumas das características seguintes:

#### 2.3.5. Cura Elétrica

Consiste no tratamento térmico que se utiliza da eletricidade para aquecer a massa do concreto, se utiliza do efeito Joule para transmitir proporcionalmente o calor no interior na massa do concreto, transmitindo a energia a um elemento que irá funcionar como um eletrodo para transmissão de energia (NEVILLE, 1997 e VILAGUT, 1975).

#### 2.3.6. Cura Térmica

Feita em câmaras, contribui para a otimização do traço ao mesmo tempo em que garante a umidade necessária ao concreto, acelerando a velocidade de ganho

de resistência pelo aquecimento. É considerada a cura mais eficiente e é muito utilizada em empresas que trabalham com concreto pré-moldado, pois reduzindo o tempo de cura permite a utilização das fôrmas, leitos de protensão e equipamentos de cura em intervalos mais frequentes, reduzindo as áreas de estocagem e permitindo colocar peças em serviço em um período menor ao que se teria se fosse utilizado um procedimento de cura convencional.

### 3 MATERIAS E MÉTODOS

#### 3.1. CARACTERISTICA DA PESQUISA

Para o trabalho apresentado foi estudado no método qualitativo se justifica por ser uma forma adequada para entender a natureza de um fenômeno.

Em função das características da pesquisa, foi elaborado o cronograma:

- Estudo dos problemas encontrado em obra;
- Apresentado a proposta e aceita;
- Caracterização dos materiais;
- Elaboração do traço do concreto;
- Execução dos traços;
- Moldagem dos corpos de prova;
- Rompimentos dos corpos de prova;
- Analise dos resultados;

#### 3.2. MÉTODOS DE PESQUISA

Através do método ABCP (Associação Brasileira de Cimento Portland). Foram desenvolvidos dois traços de concreto, utilizando cimento Portland CPII-Z.

Após a moldagem dos corpos de prova, conforme NBR 5738/94, foram submetidos a três tipos de cura: cura úmida (submersa), cura normal (ao ar) e cura química (aspersão).

Durante a realização dos ensaios de resistência a compressão foi utilizado disco de neoprene para rompimento dos corpos-de-prova, conforme NBR 5739/04.

### 3.3. VARIÁVEIS DE ESTUDO

As variáveis de estudo (dependentes e independentes), foram definidas sendo as seguintes: características do compósito e materiais componentes foram consideradas como variáveis independentes, essas variáveis já eram conhecidas, por este estudo ser continuidade de uma pesquisa em andamento.

Relação água / cimento;

Tipo de moldagem.

As variáveis dependentes, por sua vez, são as características apresentadas pelo compósito que será produzido através da maximização dos efeitos das variáveis independentes, e que são:

Consistência de moldagem, conforme NBR 7215 (1996);

Resistência à compressão determinadas aos 28 dias de idade, conforme NBR 7215 (1996).

### 3.4. CARACTERISTICA DOS MATERIAIS

O processo de caracterização dos materiais foi executado no laboratório de materiais de construção da UTFPR (Universidade Tecnológica Federal do Paraná), fase importante para conhecer as características dos agregados que seriam utilizados no concreto de estudo.

#### 3.4.1. Aglomerante

Como aglomerante, para esta pesquisa, foi utilizado o cimento Portland, tipo CPV II- E - 32, VOTORAM, por ser o tipo de cimento mais utilizado para produção de concreto na região.

### 3.4.2. Agregado Miúdo

Como agregado miúdo foi utilizado areia média lavada, o agregado foi submetido aos ensaios de caracterização previstos pela norma NBR 7211/05. Os resultados são mostrados na TABELA 04.

### 3.4.3. Agregado Graúdo

Como agregado graúdo foi utilizado brita graduada nº1, o agregado foi submetido aos ensaios de caracterização previstos pelas normas NBR NM 248 e NBR NM 53. Os resultados são mostrados na TABELA 05.

### 3.4.4. Agua

A água utilizada no preparo do concreto foi potável da rede pública fornecida para ao laboratório da UTFPR, não sendo realizado nenhum ensaio com a mesma

## 3.5. CARACTERISTICAS DO CONCRETO

Para este estudo foi elaborados dois traços de concreto com resistências de uso corrente 30 e 40 MPa, para o calculo dos traços foi utilizado o método do ABCP (Associação Brasileira de Cimento Portland) este método é recomendado para concretos feitos com agregados de massa específica convencional, com trabalhabilidade para moldagem in loco, ou seja, consistência deve ser de semi-plástica a fluida.

Os traços obtidos foram:

- TRAÇO “A” - 1 : 1,44 : 2,62 : 0,46
- TRAÇO “B” - 1 : 1,96 : 3,21 : 0,56

O preparo do concreto será pela mistura manual, e o abatimento do concreto numa consistência média.

### 3.6. PRODUÇÃO DE CP'S

#### 3.6.1. Amostra Mínima

No momento em que se faz uso de métodos estatísticos para avaliação de experimentos, ressalta-se a importância de um planejamento prévio para que se obtenha a um custo mínimo, a maior quantidade de informações sobre as características dos fatores considerados.

Nesse caso, trabalhamos com o mínimo de 3 CP's de 100 x 200 mm para cada tipo de cura. Definida a amostragem mínima a ser trabalhada, foram produzidos para os ensaios de resistência à compressão 54 (cinquenta e quatro) corpos de prova e serão reservadas (03) exemplares para cada dia de rompimento que serão realizados aos 3, 7 e 28 dias de idade e serão reservadas 18 (dezoito) exemplares para a determinação das características físicas do concreto (índice de vazios (porosidade)), que deverá ocorrer aos 28 dias de cura. Conforme TABELA 02.

#### 3.6.2. Mistura dos Materiais

A sequência para a mistura dos materiais na betoneira teve a seguinte ordem: separação dos materiais, imprimação da betoneira e então se procedeu com a colocação da brita, areia, parte da água, misturados por aproximadamente 10

segundos e depois adicionados cimento, e o restante da água e então rodados por 2 minutos.

### 3.6.3. Determinação da consistência pelo abatimento do tronco de cone (Slump Test)

Este ensaio foi executado conforme a NM 67:96 determinação da consistência pelo abatimento do tronco de cone, mostrado na FIGURA01.



**FIGURA 01 – Slump Teste**  
Fonte: Os Autores

### 3.6.4. Moldagem dos corpos de prova (NBR 5738)

Para a moldagem foi seguido as orientações da NM 79/96 – preparação de concreto em laboratório, NBR 5738/94 – moldagem e cura de corpos de prova cilíndricos de concreto. Conforme FIGURA 02.



**FIGURA 02 – Identificação de corpos de prova após moldagem**  
Fonte: Os Autores

### 3.6.5. Cura Submersa

Após as primeiras 24h e desmoldados os corpos de prova, os CP's foram colocados dentro de câmaras úmidas no laboratório da UTFPR, segundo NBR-5738 conforme FIGURA 03.



**FIGURA 03 – Corpos de prova submerso em câmara úmida**  
Fonte: Os Autores



### 3.6.6. Cura Química

Após as primeiras 24h e desmoldados os corpos de prova, foram aplicadas duas demão de pintura nos CP's com aditivo para cura superficial conforme indicação no catálogo de informações do fabricante, abaixo mostra a FIGURA 04 após a aplicação do produto.

### 3.6.7. Cura ao Normal

Após as primeiras 24h desmoldados os corpos de prova, os CP's foram deixados ao ar livre, sem nenhum cuidado em especial.



**FIGURA 04 – Corpos de Prova após aplicação do aditivo de cura superficial**  
**Fonte: Os Autores**

TABELA 02 - Quantidade de corpos de prova para complementação do estudo

<b>DESCRIÇÃO</b> <i>Idade do concreto</i>	<b>TRAÇO "A"</b>			<b>TRAÇO "B"</b>			<b>Absorção</b>		
	Cura Úmida	Cura Normal	Cura Química	Cura Úmida	Cura Normal	Cura Química	Cura Úmida	Cura Normal	Cura Química
<b>3 DIAS</b>	3	3	3	3	3	3			
<b>7 DIAS</b>	3	3	3	3	3	3			
<b>28 DIAS</b>	3	3	3	3	3	3	6	6	6
Total por ensaio	27			27			18		
Total Geral	72								

Fonte: Os Autores

### 3.7. ANÁLISE DE ESTATÍSTICA DOS DADOS

#### 3.7.1. Análise da Variância – ANOVA

Para a verificação da existência de diferenças reais entre os tratamentos, composições e métodos adotados neste trabalho, utilizou-se a Análise da Variância ou ANOVA.

Segundo Levine et al. (1998) a ANOVA gera um teste F, no qual a hipótese nula, que pressupõe não haver diferença em utilizar o tratamento, composição ou método adotado nas diversas Fases da pesquisa, pode ser rejeitada, em um nível de significância  $\alpha$  selecionado, somente se a estatística F calculada exceder o valor de  $F_s$  (tabelado).

Análise de Variância (ANOVA), que é o processo de decomposição da variação total nas componentes explicadas e não explicadas ou residuais. Esta decomposição segue a disposição apresentada na Tabela 03.

Compara-se, então, o valor de F calculado com o valor de F extraído da Tabela de Fischer-Snedecor.

Se para significância estabelecida, considerando os graus de liberdade do numerador e denominador, resultar:

- $F_{\text{calc}} > F_{\text{tab}}$ : rejeita-se a hipótese  $H_0: b = 0$ , portanto aceita-se  $H_1: b \neq 0$ , o que significa que existe regressão e que a variável  $X$  é importante na formação do modelo que resulta no valor estimado.
- $F_{\text{calc}} > F_{\text{tab}}$ : rejeita-se a hipótese  $H_0: b = 0$ , portanto aceita-se  $H_1: b \neq 0$ , o que significa que existe regressão e que a variável  $X$  é importante na formação do modelo que resulta no valor estimado.
- Se  $F_{\text{calc}} < F_{\text{tab}}$ , rejeita-se a hipótese de que haja regressão.

Neste TCC foi utilizado, para estas análise, o software STATGRAPHICS® Plus 4.1 e o teste foi efetuado para um nível de significância de 5%, portanto, os valores de  $F$  superiores a 0,05, indicam a não existência do efeito do tratamento sobre os resultados esperados. TABELA 03.

TABELA 03 – Análise de Variância

Fonte de Variação	Soma dos Quadrados	Graus de Liberdade	Quadrados Médios	Função F de Snedecor
Explicada	$\sum(Y_{\text{est}} - Y_{\text{med}})^2$	$k$	$\frac{\sum(Y_{\text{est}} - Y_{\text{med}})^2}{k}$	
Não Explicada	$\sum(Y - Y_{\text{est}})^2$	$(n - k - 1)$	$\frac{\sum(Y - Y_{\text{est}})^2}{n - k - 1}$	$\frac{\sum(Y_{\text{est}} - Y_{\text{med}})^2}{\frac{\sum(Y - Y_{\text{est}})^2}{n - k - 1}}$
Total	$\sum(Y - Y_{\text{med}})^2$	$(n - 1)$		

Fonte: LEVINE, D.M., BERENSON, M.L., STEPHAN, D)

### 3.7.2. Teste de Comparação de Médias

A análise da ANOVA é utilizada para determinar se existe diferença entre os diversos grupos considerados. Uma vez que as diferenças nas médias sejam encontradas, é importante determinar quais grupos, em particular, são importantes.

Para tal análise utilizou-se, neste trabalho, o procedimento de Tukey-Kramer, através do mesmo software STATGRAPHICS® Plus 4.1.

Esse método é um exemplo de procedimento de comparação a posteriori, uma vez que as hipóteses de interesse são formuladas depois que os dados foram inspecionados pela ANOVA.

## 4 ANALISE DOS RESULTADOS

Os resultados obtidos através dos ensaios de caracterização dos materiais e rompimento dos corpos de prova por compressão axial serão apresentados neste capítulo.

### 4.1. RESULTADO CARACTERIZAÇÃO DOS AGREGADOS

TABELA 04 - Análise granulométrica do agregado miúdo

	AMOSTRA 1			AMOSTRA 2			RESUMO
MATERIAL	QTD	UNID	% ACUMULADA	QTD	UNID	% ACUMULADA	
AREIA	330,03	g		330,00	g		
PENEIRA	PESO RETIDO	%	PESO RETIDO	%			
4,760	3,66	1,11%	1,11%	2,40	0,73%	0,73%	0,92%
2,380	12,67	3,84%	4,95%	9,30	2,83%	3,55%	4,25%
1,190	24,78	7,51%	12,46%	22,55	6,85%	10,40%	11,43%
0,600	86,94	26,34%	38,80%	87,20	26,49%	36,89%	37,85%
0,300	136,42	41,34%	80,14%	136,65	41,51%	78,40%	79,27%
0,149	59,27	17,96%	98,10%	63,82	19,39%	97,79%	97,94%
FUNDO	6,28	1,90%	100,00%	7,27	2,21%	100,00%	100,00%
SOMA	330,02	100,00%	MÓDULO DE FINURA 1	329,19	100,00%	MÓDULO DE FINURA 2	MÉDIA M.F.
PERDA	0,003%		2,36%	0,245%		2,28%	2,32%

Fonte: Os autores

TABELA 05 - Análise granulométrica do agregado graúdo.

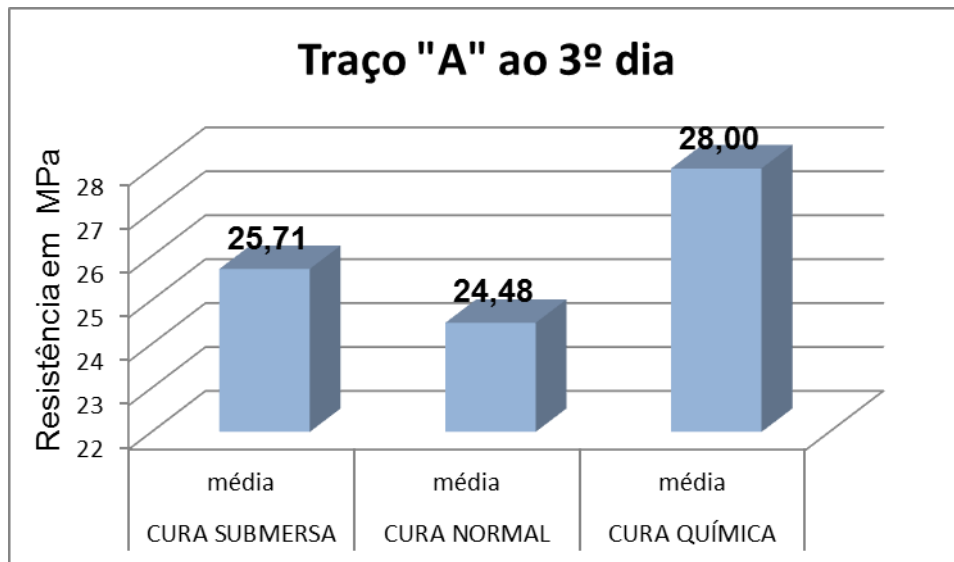
MATERIAL	AMOSTRA 1			AMOSTRA 2			RESUMO
	QTD	UNID	% ACUMULADA	QTD	UNID	% ACUMULADA	
	PENEIRA (mm)	PESO RETIDO		%	PESO RETIDO		
Brita 1	5000,89	kg		4998,55	kg		
75,00	-	0,00%	0,00%	-	0,00%	0,00%	0,00%
63,00	-	0,00%	0,00%	-	0,00%	0,00%	0,00%
50,00	-	0,00%	0,00%	-	0,00%	0,00%	0,00%
37,50	-	0,00%	0,00%	-	0,00%	0,00%	0,00%
31,70	-	0,00%	0,00%	-	0,00%	0,00%	0,00%
25,40	-	0,00%	0,00%	-	0,00%	0,00%	0,00%
19,10	218,80	4,39%	4,39%	375,50	7,52%	7,52%	5,96%
12,70	3.368,50	67,55%	71,94%	3.360,50	67,32%	74,85%	73,39%
9,52	613,80	12,31%	84,25%	670,50	13,43%	88,28%	86,26%
6,35	573,80	11,51%	95,75%	456,50	9,15%	97,43%	96,59%
4,76	79,10	1,59%	97,34%	41,40	0,83%	98,26%	97,80%
FUNDO	132,60	2,66%	100,00%	87,10	1,74%	100,00%	100,00%
SOMA	4.986,60	100,00 %	<b>MODULO DE FINURA 1</b>	4.991,50	100,00%	<b>MODULO DE FINURA 2</b>	<b>MÉDIA M.F.</b>
PERDA	0,286%		<b>3,54%</b>	0,141%		<b>3,66%</b>	<b>3,60%</b>

Fonte: Os autores

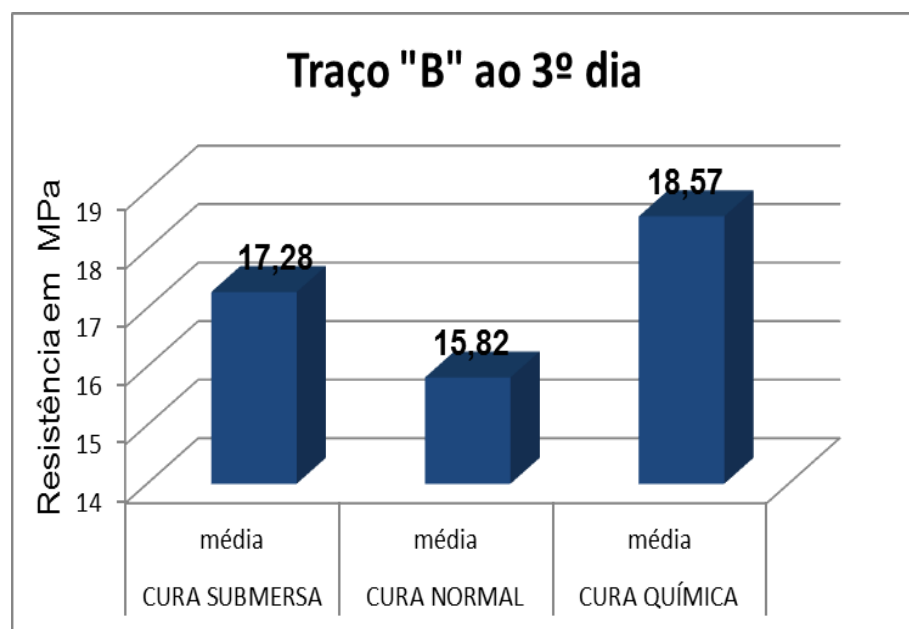
#### 4.2. RESULTADO AOS 3º dia

Nas FIGURAS 05 e 06 abaixo, nota-se que nos dois traços de concreto experimentados os corpos de prova que foram submetidos a algum tipo de tratamento tiveram um melhor desempenho na resistência a compressão, em relação aos CP's que foram deixados ao tempo após a desforma de 24 horas. Tanto no traço "A" quanto no traço "B" os concretos submetidos a cura química e úmida tiveram respectivamente um ganho médio de 16% e 7% a mais em sua resistência em relação ao concreto com cura normal. Apesar da diferença nos valores de resistência a compressão e porcentagens representadas, aos três dias de idade não

tem relevância estatística de comparação para os métodos avaliados. TABELAS 06 e 05



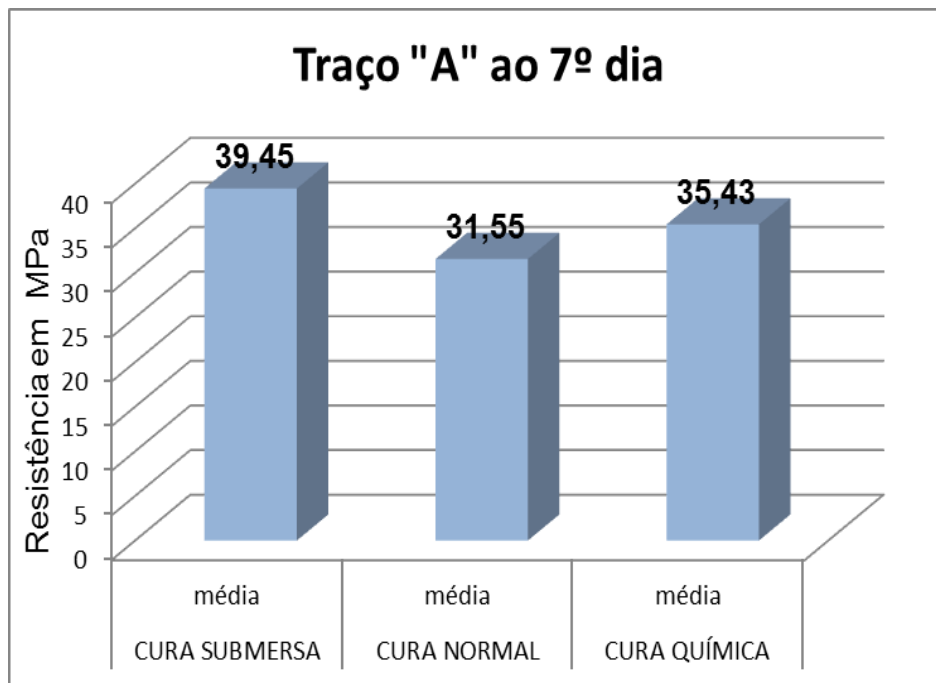
**FIGURA 05 – Gráfico traço "A" - Resistência aos 3 dias**  
Fonte: Os Autores



**FIGURA 06 – Gráfico traço "B" - Resistência aos 3 dias**  
Fonte: Os Autores

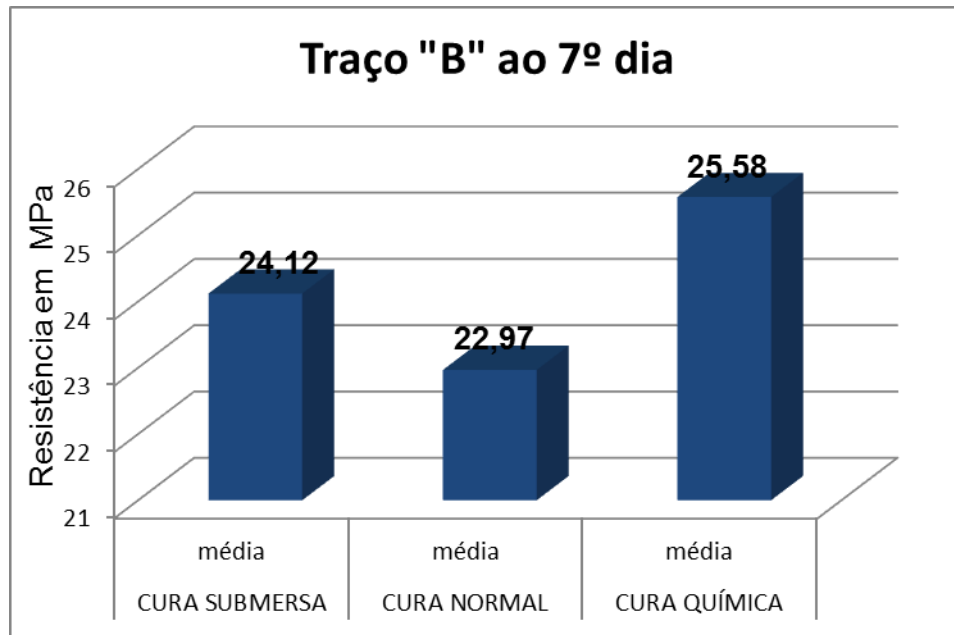
#### 4.3. RESULTADO AOS 7º dia

No rompimento dos Cp's desenvolvidos com o traço "A" teve um aumento de 53% na resistência do Cp submetido a cura úmida e um aumento proporcional de 28% nas curas química e normal em relação a os rompimentos anteriores ilustrado na FIGURA 07, já no traço "B" o desenvolvimento das resistência cresceu proporcionalmente em torno de 40% entre os métodos de cura relacionados conforme FIGURA 08.



**FIGURA 07 – Gráfico traço "A" - Resistência aos 7 dias**  
Fonte: Os Autores

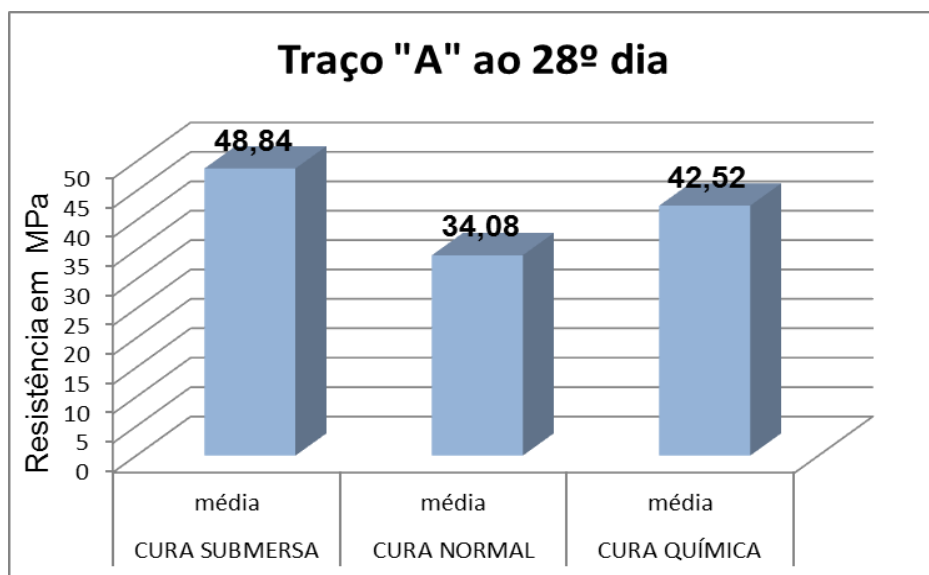




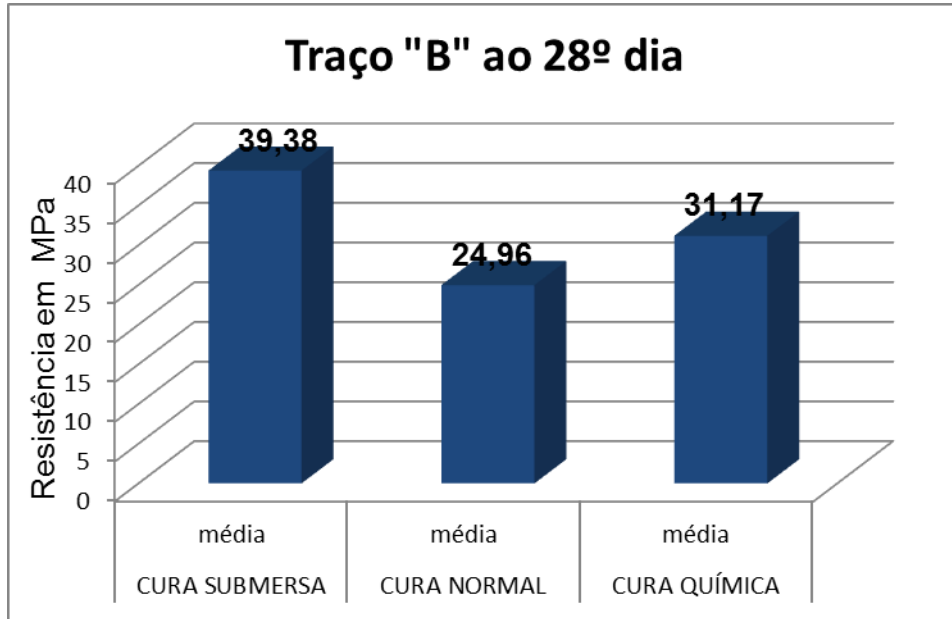
**FIGURA 08 – Gráfico traço "B" - Resistência aos 7 dias**  
**Fonte: Os Autores**

#### 4.4. RESULTADO AOS 28º dia

Os gráficos de rompimentos aos 28 dias representados nas FIGURAS 09 e 10, tem-se uma grande evolução na resistência dos concretos submetidos à cura úmida, chegando a ter um aumento médio de aproximadamente 51% em relação e cura normal e 21% em relação a cura química.



**FIGURA 09 – Gráfico traço "B" - Resistência aos 28 dias**  
**Fonte: Os Autores**



**FIGURA 10 – Gráfico traço “B” - Resistência aos 28 dias**  
Fonte: Os Autores

Na FIGURA 11, é possível verificar que os corpos de prova após ensaio de compressão axial.



**FIGURA 11 – Corpos de prova aos 28 dias após o rompimento (Cura Submersa/ Cura Química/ Cura Normal)**  
Fonte: Os Autores

#### 4.5. ANÁLISE ESTATÍSTICA

Para os traços “A” e “B” aos 3 dias de cura não há diferenças estatísticas para os 3 tipos de Cura.

No traço “A” aos 7 dias de cura não há diferenças estatísticas entre a Cura Normal e a Cura Química, porém há diferença estatística entre a Cura Normal e a Cura Úmida, e no traço “B” não há diferenças estatísticas para os 3 tipos de Cura.

No traço “A” aos 28 dias de cura não há diferenças estatísticas entre a Cura Normal e a Cura Química, porém há diferença estatística entre a Cura Normal e a Cura Úmida, e no traço “B” aos 28 dias de cura não há diferenças estatísticas entre a Cura Normal e a Cura Química, porém há diferença estatística entre a Cura Normal e a Cura Úmida.

TABELA 06 – Análise estatística Traço “A” Resistência à Compressão (MPa)

Traço A	Resistência à Compressão (MPa)		
	RC 3d	RC 7d	RC 28d
Cura Úmida	25,71 A	39,45 B	49,84 B
Cura Normal	24,48 A	31,55 A	34,08 A
Cura Química	28,00 A	35,43 AB	42,52 AB

Observação: Letras diferentes nas colunas indicam diferenças estatísticas a 5% de significância e 95% de confiança.

Fonte: Os Autores

TABELA 07 – Análise estatística Traço “B” Resistência à Compressão (MPa)

Traço B	Resistência à Compressão (MPa)		
	RC 3d	RC 7d	RC 28d
Cura Úmida	17,28 A	24,12 A	39,38 B
Cura Normal	15,82 A	22,97 A	24,96 A
Cura Química	18,57 A	25,58 A	31,17 AB

Observação: Letras diferentes nas colunas indicam diferenças estatísticas a 5% de significância e 95% de confiança.

Fonte: Os Autores

#### 4.6. RESULTADO ABSORÇÃO

Devido à relação da permeabilidade com a durabilidade foram desenvolvidos ensaios de absorção segundo NBR 9778, para os concretos submetidos aos diferentes tipos de cura aqui avaliados.

Verifica-se que para os dois traços, os corpos de prova com cura norma (sem tratamento) e com cura úmida (submersa) tiveram valores de absorção muito próximos, já os Cp's submetidos a cura química apresentaram um melhor resultado devido ao fechamento de poros pela proteção da superfície o tornando mais impermeável, TABELA 08.

TABELA 08 - Resultado absorção

	TRAÇO "A"			TRAÇO "B"		
	seco (kg)	saturado (kg)	Absorção de água por imersão	seco (kg)	saturado (kg)	Absorção de água por imersão
<b>CURA UMIDA</b>	3.306,55	3.710,30	12,21	3.361,70	3.736,10	11,14
<b>CURA NORMAL</b>	3.250,00	3.664,80	12,76	3.441,73	3.881,00	12,76
<b>CURA QUIMICA</b>	3.408,80	3.723,70	9,24	3.378,50	3.675,40	8,79

Fonte: Os Autores

## 5 CONCLUSÃO E CONSIDERAÇÕES FINAIS

### 5.1. CONCLUSÕES DO ESTUDO

É possível concluir que, independentemente do traço utilizado, os concretos que obtiveram algum tipo de tratamento de cura – úmida ou química – obtiveram melhores resultados.

O concreto com cura normal apesar de ter apresentado os menores valores de resistência à compressão no decorrer de todo o experimento, manteve-se dentro da linha de normalidade esperada.

Os concretos submetidos à cura química, tiveram um melhor resultado aos primeiros dias de idade, mas não mostraram grande evolução de resistência com o passar dos dias, e apesar da diferença nos valores de resistência a compressão e porcentagens acima representadas, não tem relevância estatística de comparação para o método de referência.

Já os concreto submetidos à cura úmida em todas a etapas dos ensaios mostraram satisfatória evolução estatística no crescimento da resistência e ao final dos 28 dias se mostrou melhor método devido a ter alcançado as maiores resistências de compressão, chegando a otimizar um ganho de 14MPa em relação ao método de cura normal e 7MPa sobre a cura química.

Com este estudo pode-se perceber a importância de se curar o concreto e as melhorias que o mesmo pode obter através dos métodos de cura.

### 5.2. SUGESTÃO PARA TRABALHOS FUTUROS

Esta pesquisa tem como foco apenas o comparativo na influência da resistência a compressão do concreto pelos métodos de cura mais utilizados nas obras convencionais, podendo servir de base para outros assuntos como:

- Estudo com outros tipos de cimento não utilizados neste trabalho como cimento CP-V, cimento CP-III auto forno entre outros;
- Influência na resistência a tração ou a ataques externos a estrutura.
- Viabilidade econômica destes e outros tipos de cura;
- Influência da cura em concretos de alta resistência CAD.

### 5.3. CONSIDERAÇÕES FINAIS

Esta pesquisa é um estudo de caso específico. Algumas conclusões obtidas são validas apenas nos casos apresentados. Deve se levar em consideração as limitações dos ensaios realizados e as referencias bibliográficas consultadas.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ARAUJO, RODRIGUES FREITAS. Materiais de Construção, 2000.
- ANVAR, D.; PREDOSO, T.; BRITO, T. Cura do concreto. Salvador, p.14-15, 2005.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 5732: Cimento Portland comum. Rio de Janeiro, 1991.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 5738: Concreto – Procedimento para moldagem e cura de corpos de prova. Rio de Janeiro, 2008.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 7211: Agregado para concreto – Especificação. Rio de Janeiro, 2005.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 7215: Cimento Portland – Determinação da resistência à compressão. Rio de Janeiro, 1996.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 11578: Cimento Portland composto. Rio de Janeiro, 1991.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 14724: Norma para a apresentação de trabalhos acadêmicos. Osasco, 2002.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NM 52: Agregado Miúdo - Determinação da massa específica e massa específica aparente. Rio de Janeiro, 2003.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NM 248: agregados - Determinação da composição granulométrica. Rio de Janeiro, 2003
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NM 67: concreto - Determinação da consistência pelo abatimento do tronco de cone. Rio de Janeiro, 1996
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NM 79: concreto - Determinação da consistência pelo abatimento do tronco de cone. Rio de Janeiro, 1996
- BASF Disponível <<http://www.basf-cc.com.br/>> acessado em 13 junho 2012

BASÍLIO, E. S. Agregados para Concreto, Estudo Técnico – ABCP - Associação Brasileira de Cimento Portland, 1995, 35p

BAUER, L. A. FALCÃO. A Cura Do Concreto: Métodos e Materiais . Boletim nº 32, São Paulo, 1991, 33 p.

COSTA, M. J. Avaliação do Uso da Areia Artificial em Concreto de Cimento Portland: Aplicabilidade de um Método de Dosagem, Trabalho de Conclusão de Curso Apresentado ao Curso de Engenharia Civil da Universidade Regional do Noroeste do Estado do Rio Grande do Sul, 2005. 44 p.

HACHMI, M., CAMPBELL, A. G, Wood cement chemical relationships. In-Inorganic Bonded Wood and Fiber Composite Materials. Session li: Raw Material Considerations. USA. VOL. 1, 1989. p. 43 47.

KATTAR, J. E., ABREU, J. V. Produção de peças pré-moldadas de concreto. Holdercim. Santo André. 1999. 50 p.

LATORRACA, J. V. F. Eucalyptus sp na produção de painéis de cimento-madeira. Tese de Doutorado, 182 p. Universidade Federal do Paraná, Curitiba, 2000.

LEVINE, D.M., BERENSON, M.L., STEPHAN, D. Statistics for Managers Using Microsoft® Excel (Updated Version). Prentice Hall, Inc. a Simon & Schuster Company, 1998.

MACHADO. F. B. Disponível <<http://www.rc.unesp.br/museudpm/rochas/sedimentares/arenito.html>> acessado em 05 jun 2013

MEHTA, P. K., MONTEIRO, P. J. M. Concreto: estrutura, propriedades e materias. Ed. Pini. São Paulo. 1994. 309 p.

MEHTA, P. K., MONTEIRO, P. J. M. Concreto: Microestrutura, Propriedades e Materiais 3 Ed.. São Paulo. 2008.

NÄÄS, I.A. Importância das instalações no controle do ambiente para produção de suínos. Suinocultura, Piracicaba, v.3, n.2, p.1-10. 1990.

NEVILLE, A. M. Propriedades do Concreto. Ed. Pini, 2ª Edição, São Paulo, 1997.

NEVILLE, A.M. Propriedades do Concreto: São Paulo: Pini, 1982.

PINI disponível em: <<http://www.pini.com.br>> acesso em 16 nov. 2012



PETRUCCI, ELÁDIO G. Concreto de Cimento Portland. São Paulo: Associação Brasileira de Cimento Portland, 1968. 5 p.

PETRUCCI, ELÁDIO G. Concreto de Cimento Portland. 14ª Ed. Revisado por Vladimir A. Paulon, São Paulo Editora Globo, 2005.

RODRIGUES, Edmundo Henrique Ventura; ARAUJO, R. C. L.; FREITAS, E. G. A. Materiais de Construções – Coleção Construções Rurais. 1 ed. Seropédica-RJ: Editora Universidade Rural, 2000. v.1.203p

SIMATUPANG, M. H. SCHWARZ G. 1 1. BROKER F. W. Small scale plants for the manufacture of mineral bonded wood composites. In: EIGHTH WORLD FORESTRY CONGRESS. (1979 . Jakarta). Special paper. Indonésia, 1978. 21 p.

SOBRAL, HERNANI SÁVIO. Propriedades do concreto endurecido , 5º ed, São Paulo, Associação Brasileira de Cimento Portland, 2000

TARTUCE,R. GIOVANNETTI, E. Princípios Básicos sobre Concreto de Cimento Portland. Ed. Pini: Ibracon, São Paulo, 1990.

VALENZUELA W. Contribution à la détermination de l'aptitude d'essences forestières pour la fabrication de panneaux de fibro-ciment. 1989.

## **DOCUMENTOS CONSULTADOS**

UNIVERSIDADE TECNOLÓGICA FEDERAL DO PARANÁ. Normas para Elaboração de trabalhos acadêmicos. Curitiba, 2009.

## APÊNDICE

### APÊNDICE 1 – Resultado Resistencia a Compressão

	Traço "A"				Traço "B"			
	amostra	3º dia	7º dia	28º dia	amostra	3º dia	7º dia	28º dia
<b>CURA UMIDA</b>	<b>1</b>	22,08	40,03	54,44	<b>1</b>	17,56	25,05	34,11
	<b>2</b>	25,59	40,01	48,01	<b>2</b>	19,06	21,35	40,68
	<b>3</b>	29,46	38,32	44,07	<b>3</b>	15,21	25,96	43,34
	<b>média</b>	<b>25,71</b>	<b>39,45</b>	<b>48,84</b>	<b>média</b>	<b>17,28</b>	<b>24,12</b>	<b>39,38</b>
	<b>desvpad</b>	3,69	0,98	5,24	<b>desvpad</b>	1,94	2,44	4,75
	<b>CV(%)</b>	14,36	2,49	10,72	<b>CV(%)</b>	11,23	10,12	12,07
	<b>CURA NORMAL</b>	<b>1</b>	24,86	31,67	34,20	<b>1</b>	21,46	18,59
<b>2</b>		27,19	36,70	39,64	<b>2</b>	12,08	26,30	21,00
<b>3</b>		21,40	26,29	28,39	<b>3</b>	13,91	24,01	30,21
<b>média</b>		<b>24,48</b>	<b>31,55</b>	<b>34,08</b>	<b>média</b>	<b>15,82</b>	<b>22,97</b>	<b>24,96</b>
<b>desvpad</b>		2,91	5,21	5,62	<b>desvpad</b>	4,97	3,96	4,74
<b>CV(%)</b>		11,90	16,50	16,50	<b>CV(%)</b>	31,44	17,24	18,98
<b>CURA QUIMICA</b>		<b>1</b>	23,65	33,35	40,02	<b>1</b>	21,81	28,77
	<b>2</b>	30,57	35,38	42,46	<b>2</b>	15,68	26,86	35,34
	<b>3</b>	29,78	37,56	45,07	<b>3</b>	18,22	21,10	28,61
	<b>média</b>	<b>28,00</b>	<b>35,43</b>	<b>42,52</b>	<b>média</b>	<b>18,57</b>	<b>25,58</b>	<b>31,17</b>
	<b>desvpad</b>	3,79	2,11	2,53	<b>desvpad</b>	3,08	3,99	3,64
	<b>CV(%)</b>	13,53	5,94	5,94	<b>CV(%)</b>	16,59	15,61	11,68

Fonte: Os Autores

## APÊNDICE 2 – Tratamento Estatístico – Relatório do Programa

### Análise de Variância

Source	Sum of Squares	Df	Mean Square	F-Ratio	P-Value
Between groups	19,1158	2	9,55788	0,79	0,4974
Within groups	72,9245	6	12,1541		
Total (Corr.)	92,0402	8			

### Comparação de Médias - Teste de Tukey

Method: 95,0 percent LSD

	Count	Mean	Homogeneous Groups
TA3dCS	3	24,4833	A
TA3dUM	3	25,71	A
TA3dCQ	3	28,0	A

- Letras diferentes denotam diferenças estatísticas significativas entre as médias a 95% de nível de Confiança

**Conclusão: Aos 3 dias de cura não há diferenças estatísticas para os 3 tipos de Cura**

**Fonte: Os autores**

### Análise de Variância

Source	Sum of Squares	Df	Mean Square	F-Ratio	P-Value
Between groups	11,3852	2	5,69258	0,45	0,6577
Within groups	75,9491	6	12,6582		
Total (Corr.)	87,3343	8			

### Comparação de Médias - Teste de Tukey

Method: 95,0 percent LSD

	Count	Mean	Homogeneous Groups
TB3dCS	3	15,8167	A
TB3dUM	3	17,2767	A
TB3dCQ	3	18,57	A

- Letras diferentes denotam diferenças estatísticas significativas entre as médias a 95% de nível de Confiança

• **Conclusão: Aos 3 dias de cura não há diferenças estatísticas para os 3 tipos de Cura.**

• **Fonte: Os autores**

## Análise de Variância

Source	Sum of Squares	Df	Mean Square	F-Ratio	P-Value
Between groups	93,6258	2	46,8129	4,32	0,0688
Within groups	64,9971	6	10,8329		
Total (Corr.)	158,623	8			

## Comparação de Médias - Teste de Tukey

Method: 95,0 percent LSD

	Count	Mean	Homogeneous Groups
TA7dCS	3	31,5533	A
TA7dCQ	3	35,43	AB
TAUM7d	3	39,4533	B

- Letras diferentes denotam diferenças estatísticas significativas entre as médias a 95% de nível de Confiança
- **Conclusão: Aos 7 dias de cura não há diferenças estatísticas entre a Cura Normal e a Cura Química, porém há diferença estatística entre a Cura Normal e a Cura Umida.**
- **Fonte: Os autores**

## Análise de Variância

Source	Sum of Squares	Df	Mean Square	F-Ratio	P-Value
Between groups	16,5753	2	8,28763	0,60	0,5790
Within groups	82,9631	6	13,8272		
Total (Corr.)	99,5384	8			

## Comparação de Médias - Teste de Tukey

Method: 95,0 percent LSD

	Count	Mean	Homogeneous Groups
TB7dCS	3	22,9667	A
TB7dUM	3	24,12	A
TB7dCQ	3	26,2433	A

- Letras diferentes denotam diferenças estatísticas significativas entre as médias a 95% de nível de Confiança
- **Conclusão: Aos 7 dias de cura não há diferenças estatísticas para os 3 tipos de Cura.**
- **Fonte: Os autores**

## Análise de Variância

Source	Sum of Squares	Df	Mean Square	F-Ratio	P-Value
Between groups	329,174	2	164,587	7,55	0,0230
Within groups	130,862	6	21,8103		
Total (Corr.)	460,036	8			

## Comparação de Médias - Teste de Tukey

Method: 95,0 percent LSD

	Count	Mean	Homogeneous Groups
TA28dCS	3	34,0767	A
TA28CQ	3	42,5167	AB
TA28dUM	3	48,84	B

- Letras diferentes denotam diferenças estatísticas significativas entre as médias  
a 95% de nível de Confiança
- **Conclusão: Aos 28 dias de cura não há diferenças estatísticas entre a Cura Normal e a Cura Química, porém há diferença estatística entre a Cura Normal e a Cura Úmida.**
- **Fonte: Os autores**

## Análise de Variância

Source	Sum of Squares	Df	Mean Square	F-Ratio	P-Value
Between groups	313,603	2	156,801	8,07	0,0199
Within groups	116,529	6	19,4216		
Total (Corr.)	430,132	8			

## Comparação de Médias - Teste de Tukey

Method: 95,0 percent LSD

	Count	Mean	Homogeneous Groups
TB28dCS	3	24,9633	A
TB28dCQ	3	31,1733	AB
TB28dUM	3	39,3767	B

- Letras diferentes denotam diferenças estatísticas significativas entre as médias  
a 95% de nível de Confiança
- **Conclusão: Aos 28 dias de cura não há diferenças estatísticas entre a Cura Normal e a Cura Química, porém há diferença estatística entre a Cura Normal e a Cura Úmida.**
- **Fonte: Os autores**

## ANEXO

### ANEXO A



#### MASTERKURE® 201

Agente de cura para concreto e argamassa.

#### DESCRIÇÃO DO PRODUTO

MASTERKURE® 201 é um composto líquido, à base de água, que melhora a cura de concretos e argamassas.

MASTERKURE® 201 é aplicado sobre a superfície do concreto fresco formando uma película contínua, flexível e de coloração branca que além de demarcar a área onde o produto foi aplicado, também funciona como repulsor de raios solares e evita a evaporação brusca da água de amassamento do concreto. Desta maneira o concreto completa seu processo de endurecimento em presença da maior umidade possível para correta hidratação das partículas de cimento portland.

#### PROPRIEDADES E BENEFÍCIOS

MASTERKURE® 201 apresenta as seguintes propriedades e benefícios:

Estado Fresco	Estado Endurecido
<ul style="list-style-type: none"> <li>-Fácil aplicação;</li> <li>-Protege o concreto fresco de climas secos e calorosos;</li> <li>-Permite melhor hidratação do cimento;</li> <li>-Evita a utilização de panos úmidos, sacos plásticos na superfície do concreto fresco.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>-Reduz a geração de fissuras por secagem;</li> <li>-Reduz a retração do concreto;</li> <li>-Colabora com o desenvolvimento de maiores resistências mecânicas no concreto endurecido, inclusive à abrasão;</li> <li>-Aumenta a durabilidade do concreto.</li> </ul>

#### CAMPOS DE APLICAÇÃO

MASTERKURE® 201 é recomendado para uso em:

- Concretos com grande área superficial exposta;
- Pavimentos;
- Pisos e lajes de concreto;
- Pré-fabricados curados a vapor;
- Grautes para montagem de equipamentos.

#### MODO DE UTILIZAÇÃO / APLICAÇÃO

MASTERKURE® 201 deve ser aplicado sobre a superfície do concreto ou argamassa fresco logo após o desaparecimento da água de exsudação, que ocorre entre ½ e 2 horas depois de alisado, isso também depende do clima e do tipo de concreto ou argamassa.

MASTERKURE® 201 deve ser aplicado com a utilização de pulverizador para que se obtenha uma aplicação homogênea. É possível a aplicação com brochas ou rolos de lã, porém estes podem aumentar o consumo e danificar a superfície.

O tempo de secagem do MASTERKURE® 201 é de aproximadamente 30 minutos, a 23°C com uma umidade relativa do ar de 50%.

Em peças pré-moldadas pode-se aplicar o MASTERKURE® 201, logo após a desmoldagem para melhor cura e desenvolvimento das resistências mecânicas



The Chemical Company

#### MASTERKURE® 201

Agente de cura para concreto e argamassa.

#### DESCRIÇÃO DO PRODUTO

MASTERKURE® 201 é um composto líquido, à base de água, que melhora a cura de concretos e argamassas.

MASTERKURE® 201 é aplicado sobre a superfície do concreto fresco formando uma película contínua, flexível e de coloração branca que além de demarcar a área onde o produto foi aplicado, também funciona como repulsor de raios solares e evita a evaporação brusca da água de amassamento do concreto. Desta maneira o concreto completa seu processo de endurecimento em presença da maior umidade possível para correta hidratação das partículas de cimento portland.

#### PROPRIEDADES E BENEFÍCIOS

MASTERKURE® 201 apresenta as seguintes propriedades e benefícios:

Estado Fresco	Estado Endurecido
<ul style="list-style-type: none"> <li>-Fácil aplicação;</li> <li>-Protege o concreto fresco de climas secos e calorosos;</li> <li>-Permite melhor hidratação do cimento;</li> <li>-Evita a utilização de panos úmidos, sacos plásticos na superfície do concreto fresco.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>-Reduz a geração de fissuras por secagem;</li> <li>-Reduz a retração do concreto;</li> <li>-Colabora com o desenvolvimento de maiores resistências mecânicas no concreto endurecido, inclusive à abrasão;</li> <li>-Aumenta a durabilidade do concreto.</li> </ul>

#### CAMPOS DE APLICAÇÃO

MASTERKURE® 201 é recomendado para uso em:

- Concretos com grande área superficial exposta;
- Pavimentos;
- Pisos e lajes de concreto;
- Pré-fabricados curados a vapor;
- Grautes para montagem de equipamentos.

#### MODO DE UTILIZAÇÃO / APLICAÇÃO

MASTERKURE® 201 deve ser aplicado sobre a superfície do concreto ou argamassa fresco logo após o desaparecimento da água de exsudação, que ocorre entre ½ e 2 horas depois de alisado, isso também depende do clima e do tipo de concreto ou argamassa.

MASTERKURE® 201 deve ser aplicado com a utilização de pulverizador para que se obtenha uma aplicação homogênea. É possível a aplicação com brochas ou rolos de lã, porém estes podem aumentar o consumo e danificar a superfície.

O tempo de secagem do MASTERKURE® 201 é de aproximadamente 30 minutos, a 23°C com uma umidade relativa do ar de 50%.

Em peças pré-moldadas pode-se aplicar o MASTERKURE® 201, logo após a desmoldagem para melhor cura e desenvolvimento das resistências mecânicas



The Chemical Company

**INFORMAÇÕES COMPLEMENTARES:**

- Recomenda-se homogeneizá-lo antes do uso, principalmente quando estocados por algum tempo.
- Proteger a aplicação do MASTERKURE® 201 da chuva.
- O MASTERKURE® 201 deve ser removido mecanicamente do substrato, caso este venha a receber qualquer tipo de revestimento, NUNCA utilize ácido, soluções ácidas não removerá a membrana de cura, mas atacará o concreto.
- Lavar os equipamentos e ferramentas utilizados logo após o uso com água quente e sabão, para a sua conservação.
- Recomenda-se proteger as superfícies que não receberão tratamento com o MASTERKURE® 201.



ANEXO B