



## Análise Estatística da Influência do Tipo de Cura na Resistência Mecânica do Concreto de Cimento Portland

Welton Raiol de Assunção<sup>1</sup>, Gyselle Maciel de Almeida<sup>2</sup>, Laércio Gouvêa Gomes<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Pará (IFPA) – Campus Belém

<sup>2</sup>Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Pará (IFPA) – Campus Breves

{wra\_engenharia@yahoo.com.br, gysellealmeida@gmail.com, laercio.gouvea@gmail.com}

**Abstract.** *The mechanical property of concrete makes it one of the most important building materials in the world. In this respect, curing plays a fundamental role in the process, guaranteeing the appropriate means to achieve its real potential for strength and durability. The present article aimed, analysis through destructive tests of axial compression and indirect traction, as influences caused in the properties of specimens compiled to different types of cure, water saturated in calcium hydroxide (ASHC), immersion in water (AG), free air (AL) and packed in a plastic bag (ASP), guided by statistical concepts, to evaluate the significance of the results through the Analysis of Variance (ANOVA) and Tukey test. At the end of the research, it was found that there was at least one difference decreased, and that, statistically, the only treatment that showed a difference meant in the simultaneous comparison of means was the group cured outdoors (LA).*

**Resumo.** *A propriedade mecânica do concreto o torna um dos mais importantes materiais de construção do mundo. Nesse aspecto a cura tem papel fundamental no processo, garantido o meio apropriado para alcançar o seu real potencial de resistência e durabilidade. O presente artigo objetivou, analisar através de ensaios destrutivos de compressão axial e tração indireta, as influências causadas nas propriedades de corpos de prova submetidos a diferentes tipos de cura, água saturada em hidróxido de cálcio (ASHC), imersão em água (AG), ar livre (AL) e acondicionada em saco plástico (ASP), pautados através de conceitos estatísticos, para avaliar a significância dos resultados através da Análise de Variância (ANOVA) e teste Tukey. Ao final da pesquisa, ficou demonstrado que havia ao menos uma diferença significativa, e que, estatisticamente, o único tratamento que apresentou uma diferença significativa na comparação simultânea das médias foi o grupo curado ao ar livre (AL).*

### 1. Introdução

A alta resistência à compressão é a propriedade que torna o concreto um dos mais importantes materiais estruturais utilizados no mundo. Nesse aspecto a cura adequada, desempenha papel fundamental no processo de ganho de resistência, garantindo a hidratação dos compostos do cimento Portland e evitando a fissuração por retração nas primeiras idades (Metha e Monteiro, 2008).



O concreto constitui-se em um material compósito, produzido basicamente pela mistura de agregados, cimento e água (Bauer, 2001). Os agregados são, por via de regra, materiais inertes, portanto as reações químicas que ocorrem no interior do concreto, são as de hidratação do cimento, e os produtos gerados no processo são os responsáveis pelas propriedades mecânicas do mesmo (Neville e Brooks, 2013).

A cura inapropriada provoca a redução da resistência e durabilidade, devido a perda acentuada de umidade e aumento da temperatura (Isaia, 2011). A perda de água pelo concreto, deixa vazios, elevando a porosidade, além da possibilidade de deixar a quantidade abaixo da mínima exigida, necessária para formação dos cristais na matriz cimentícia e garantir uma boa trabalhabilidade (Helene e Levy, 2013).

A temperatura elevada das reações exotérmicas de hidratação, pode ocasionar fissuras por retração que atuam como porta de acesso à agentes agressivos que podem degradar tanto o concreto, quanto sua armadura, quando este for armado, podendo levar a peça ao colapso (Isaia, 2011).

Uma cura eficiente envolve uma combinação de fatores como tempo, temperatura e umidade. Para uma determinada relação água/cimento, quanto maior o período de cura, maior será a resistência final obtida, com peças de concreto submetidas a uma cura úmida contínua mostrando resistência três vezes maior que as alcançadas ao ar livre (Metha e Monteiro, 2008).

A Associação Brasileira de Normas Técnicas (ABNT), por meio da NBR-5738 (2016), estabelece que para a comprovação da qualidade do concreto estrutural durante a construção, sejam produzidos corpos de prova (CP), que devem ser armazenados até a idade do ensaio, em solução saturada de hidróxido de cálcio, como uma das alternativas para garantir a cura adequada do concreto.

A cal hidratada possui óxidos livres além de reter água, propriedades que podem proporcionar melhores resultados no que tange a hidratação do cimento, pois o mesmo possui alto poder de absorção (Guimarães, 2002). A liberação dos íons de cálcio e hidroxila deixando o meio aquoso saturado, interfere no equilíbrio das reações dos hidratos com aceleração na formação silicato de cálcio hidratado (C-S-H), principal agente da alta resistência do concreto (Quarcioni, 2008).

A cura constitui uma das principais etapas de execução do concreto, sendo seu principal objetivo servir de vedação garantindo que, a água necessária para as reações de hidratação se mantenha no interior da mistura, evitando a retração e absorção de substância que poderão interferir no processo.

O presente trabalho buscou avaliar a eficácia do emprego de diferentes métodos de cura em comparação ao convencional, indicado pela NBR-5738 (2016), tendo como parâmetros ensaios destrutivos de compressão axial e de tração indireta. Objetivando determinar se as outras formas de cura empregadas na pesquisa podem ser utilizadas, sem perda significativa de qualidade da resistência na produção de CP's para ensaios em laboratório, os resultados obtidos foram submetidos à análise de variância (ANOVA) e teste Tukey com 95% de significância para comparar os tratamentos entre si.



## 2. Materiais e Método Experimental

A pesquisa para este artigo iniciou-se com a definição do tema abordado e os objetivos a serem alcançados, seguido pelo planejamento e cronograma dos ensaios, produção dos corpos de prova, coleta e análise dos dados. Todas as etapas foram pautadas por consulta a literatura pertinente e seguindo as orientações e requisitos das normas vigentes a respeito do tema.

Para este artigo foi utilizado o Cimento Portland CP-II-E-32. O cimento é um aglomerante hidráulico, que quando hidratado reage não somente endurecendo, mas formando produtos resistentes a ação da água. O cimento Portland é o principal aglomerante hidráulico utilizado na confecção de produtos estruturais de concreto na construção civil, tendo a função de manter a coesão dos componentes do concreto, unindo-os e produzindo uma peça de comportamento monolítico.

Os agregados miúdos (areia) e graúdo (seixo) utilizados, têm natureza quartzosa, e são provenientes do município de Capitão Poço, localizado no nordeste paraense. Os agregados são materiais em sua maioria inertes, que não reagem, portanto, quimicamente com água, sendo predominante utilizados como material de enchimento do concreto, reduzindo o seu custo de produção por serem materiais de fácil obtenção a baixo custo, tornando a produção do concreto mais economicamente viável.

A água utilizada na produção do concreto foi a proveniente da rede de abastecimento público da região metropolitana de Belém, localizada no estado do Pará, concessionada a empresa Companhia de Saneamento do Pará (COSANPA). A água é responsável pela reação de hidratação do cimento, produzindo junto com o cimento a matriz aglomerante que envolve os agregados, formando compostos cimentícios, que estruturam e conferem resistência e durabilidade ao concreto.

Adicionalmente para a produção do concreto da pesquisa foram utilizados a cal hidratada (hidróxido de cálcio), do tipo CH-III, marca Itaú, de fabricante Votorantim S.A, para preparação de solução da cura conforme a norma NBR-5738 (2015), e também o aditivo superplastificante Glenium 51, da marca Basf, de base química Éter policarboxílico, adicionado após a mistura com o objetivo de aumentar a trabalhabilidade, caso o teste de abatimento ficasse abaixo do esperado.

A etapa experimental iniciou-se com os ensaios de caracterização física dos materiais utilizados para a produção do concreto, utilizando-se para isso as normas da Associação Brasileira de Normas Técnicas (ABNT). Os agregados tiveram sua composição granulométrica determinada seguindo os preceitos da NBR: NM-248 (2003), e as massas específicas foram obtidas através dos ensaios contidos nas normas NBR:NM-52 (2009) e NBR:NM-53 (2009), para a areia e seixo, respectivamente. Por fim a massa unitária foi determinada com auxílio da NBR:NM-45 (2006). A Tabela 1 mostra um resumo das propriedades físicas dos materiais utilizados.

**Tabela 1. Características Físicas dos Materiais Utilizados**

Agglomerante Hidráulico		Agregado Miúdo		Agregado Graúdo	
Tipo Cimento:	CP-II-E-32	M. Unitária:	1570,0 Kg/m <sup>3</sup>	M. Unitária:	1540,0 Kg/m <sup>3</sup>
Resist. fck :	32,0 MPa	M. Específica:	2630,0 Kg/m <sup>3</sup>	M. Específica:	2680,0 Kg/m <sup>3</sup>
M. Específica:	3100,0 Kg/m <sup>3</sup>	M. de finura:	1,8	D. Máximo:	19,0 mm

A etapa seguinte consistiu no cálculo do traço através do método da Associação Brasileira de Cimento Portland (ABCP), que originalmente constitui-se em uma adaptação da norma americana ACI-211.1 (1981), para os agregados encontrados no Brasil. O método obtém o consumo aproximado de cada material, por meio das suas características físicas e da fixação da relação a/c (Proporção entre as quantidades de água e cimento presentes na mistura).

Na presente pesquisa, o a/c de 0,39 foi determinado em função da curva de *Abrams*, para um *fcj* (Resistência à compressão a j dias de idade) do concreto aos 28 dias de 38,6 Mpa. O *fcj* do concreto foi obtido para um *fck* (Resistência característica à compressão) de 32 MPa e um desvio padrão (*Sd*) de 4,0. A dosagem (1:a:p:a/c) obtida através do método foi de (1:0,92:2,26:0,39), que corresponde a proporção dos materiais utilizados, em kg/kg de cimento, onde os valores entre parênteses corresponde respectivamente ao cimento, agregado miúdo, agregado graúdo e água. A Tabela 2 mostra um resumo da proporção de material utilizado para um 1 m<sup>3</sup> de concreto e traço em volume e massa.

**Tabela 2. Proporção de Material e Traços em Volume e Massa Para 1m<sup>3</sup>**

Consumo de Material Para 1 m <sup>3</sup> de Concreto				
Abatimento ( <i>Slump</i> ):		80 a 100		
Água/Cimento (a/c):		0,39		
Consumo de Água:		205,0 l/m <sup>3</sup>		
Consumo de Cimento:		525,6 Kg/m <sup>3</sup>		
Consumo de Ag. Graúdo:		1185,8 Kg/m <sup>3</sup>		
Consumo de Ag. Miúdo:		481,2 Kg/m <sup>3</sup>		
Traço em volume e Massa (1:a:p:a/c)				
Cimento	A. Miúdo	A. Graúdo	a/c	Teor de Arg.
1	: 0,916	: 2,256	: 0,390	45,92 %
50	: 45,775	: 112,796	: 19,500	45,92 %

Com o traço definido, avançou-se para a próxima etapa de produção e moldagem dos corpos de prova, foi realizada de acordo com a NBR-5738 (2015). Os agregados inicialmente foram secos em estufa a 105 °C e armazenados até o dia da concretagem, em sacos plásticos para não ganhar umidade. O material utilizado foi pesado com auxílio de balança de precisão e adicionados à betoneira de capacidade de 120 litros, colocando-se primeiramente o seixo e metade da água, seguido do cimento, areia e restante da água, com a betoneira sempre em movimento. Ao se alcançar uma mistura homogeneia procedeu-se com o ensaio de trabalhabilidade (*slump test*), obtendo um valor de 70 mm, e posteriormente de 90 mm com adição de superplastificante na proporção de 71,4 ml/m<sup>3</sup>.

Para estimativa do erro experimental da resposta individual de cada grupo ensaiado foram realizadas repetições dos experimentos. De acordo com Neto *et al.* (2003), a extensão desse erro é importante para decidir se existem ou não efeitos significativos que possamos atribuir aos diferentes tratamentos.

Foram moldados ao todo 128 CP's, em fôrmas cilíndricas previamente untadas com desmoldante (óleo mineral), de dimensões 100 mm de diâmetro e 200 mm de comprimento. Os CP's foram divididos em 4 lotes, cada um destinado a um tipo de cura: imersão em água saturada em hidróxido de cálcio (ASHC), imersão em água (AG), ar livre (AL) e acondicionada em saco plástico (ASP). Algumas das fases de armazenamento do material, teste de abatimento e curas podem ser vistas na Figura 1.



**Figura 1. (a) Material Pesado e Separado. (b) Teste de Abatimento. (c) Cura em saco plástico. (d) Cura em água.**

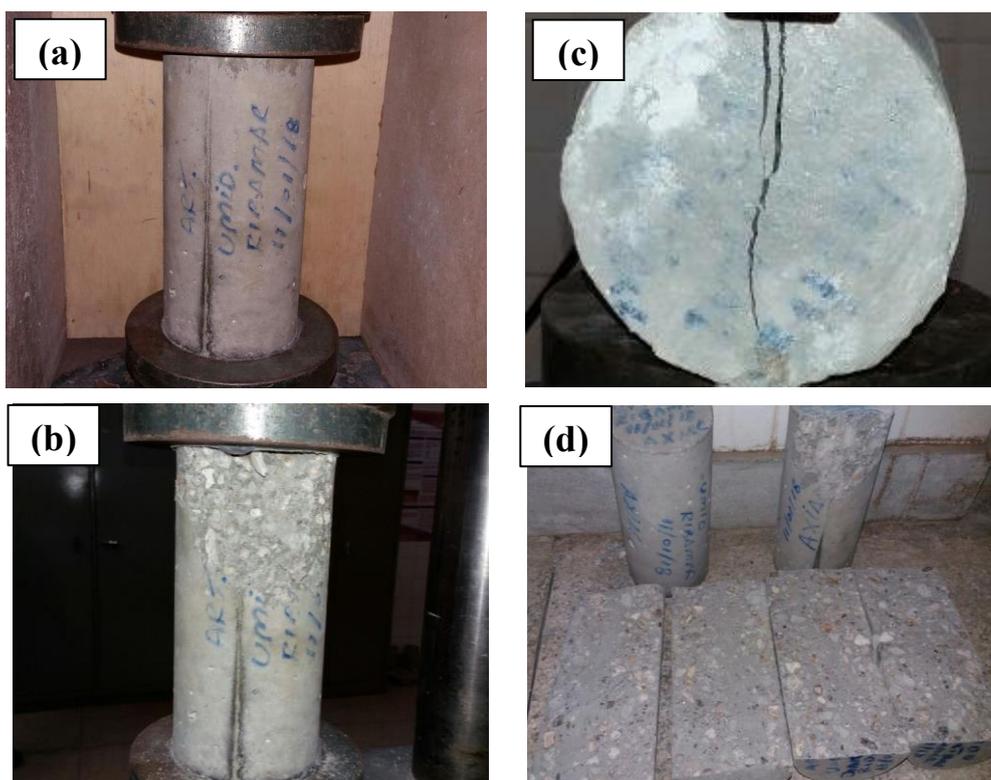
O ensaio de compressão axial foi realizado seguindo os parâmetros estabelecidos na NBR 5739 (2018). Mensurou-se as dimensões dos corpos de prova com exatidão aproximada de  $\pm 1$  mm com auxílio de paquímetro, sendo a altura medida sobre seu eixo longitudinal e a medida de seu diâmetro tomada ortogonalmente à meia altura, através de duas determinações consecutivas. Os valores obtidos foram utilizados no cálculo da seção transversal e do fator de correção de força  $h/d$ , caso fosse necessário utiliza-lo. O ensaio foi realizado em prensa hidráulica do tipo universal, de marca Emic, com capacidade de carga de 200 toneladas e indicador de carga da marca Weigtech, modelo WT21-LCD. Os corpos de prova foram rompidos à compressão axial, sobre o regime de carregamento contínuo de  $(0,45 \pm 0,15)$  MPa/s. O ensaio de tração por compressão diametral foi realizado seguindo os parâmetros estabelecidos na NBR 7222 (2011). Os procedimentos de verificação de dimensões foram os mesmo que os utilizados para o ensaio de

compressão, assim como a aparelhagem. A velocidade de ensaio foi de  $(0,05 \pm 0,02)$  MPa/s.

Os ensaios destrutivos de compressão axial e de tração indireta por compressão diametral foram realizados na idade específica 7, 14 e 28 dias, contadas a partir do momento de moldagem, sendo rompidos 3, 3 e 10 CP's para cada idade respectivamente. Os ensaios foram realizados conforme as normas NBR-5739 (2007) e NBR-7222 (2011), sendo em cada lote 50% dos CP's destinados a cada tipo de ensaio. Os ensaios destrutivos forneceram dados possibilitando a comparação e análise das influências do tipo de cura nas propriedades do concreto endurecido. A Tabela 3 traz um resumo da distribuição dos CP's. Os ensaios de compressão e de tração indireta podem ser visualizados na Figura 2.

**Tabela 3. Distribuição dos CP's nos Lotes de acordo com o tipo de ensaio**

Tipo de Cura	Água Saturada em Hidróxido de Cálcio		Água		Ar Livre		Acondicionado em Saco Plástico	
Lote	1		2		3		4	
Tipo de Ensaio	Axial	Diametral	Axial	Diametral	Axial	Diametral	Axial	Diametral
Nº de CP's	16	16	16	16	16	16	16	16



**Figura 2. (a) e (b) Ensaio de compressão axial. (c) Ensaio de tração indireta. (d) CP's fraturados após ensaios.**

Com os dados obtidos pelo programa experimental foi realizado com auxílio do programa STATISTIC, a análise de variância (ANOVA) que possibilita a identificar se

os resultados obtidos são de fato significativos, em seguida foi realizado o teste de Tukey para comparação das médias, servindo de complementação da ANOVA.

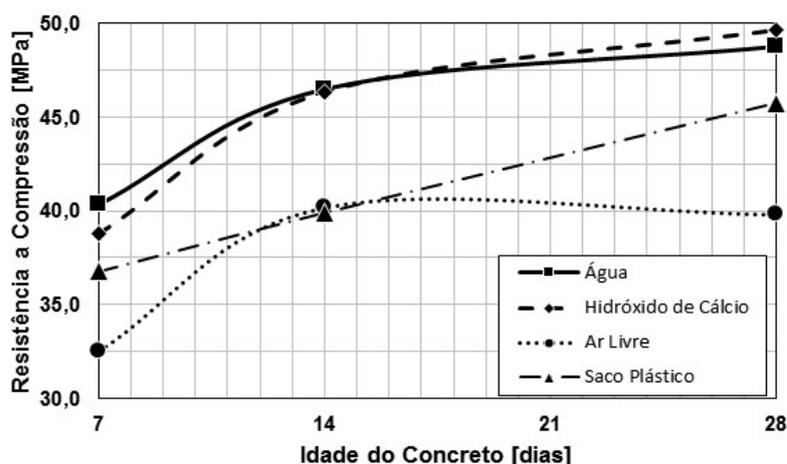
### 3. Análise de resultados e Discursão.

Os resultados obtidos nos ensaios de compressão axial e diametral dos lotes estão expressos resumidamente na forma de resistências médias a compressão ( $f_c$ ) e resistência média a tração indireta ( $f_t,sp$ ) na Tabela 4.

**Tabela 4. Resistências médias obtidas ao longo do tempo**

Idade do Concreto		7 Dias		14 Dias		28 Dias	
Resistências Médias		$f_c$ [MPa]	$f_t,sp$ [MPa]	$f_c$ [MPa]	$f_t,sp$ [MPa]	$f_c$ [MPa]	$f_t,sp$ [MPa]
Tipo de Cura	ASHC	38,75	2,83	46,31	3,42	49,62	3,11
	AG	40,31	2,88	46,50	2,82	48,78	3,53
	AL	32,51	2,11	40,16	2,56	39,78	2,37
	ASP	36,78	2,59	39,91	2,77	45,75	3,31

A representação gráfica da evolução da resistência à compressão ao longo do tempo pode ser vista nos gráficos da Figura 3.



**Figura 3. Gráficos de ganho de resistência à compressão ao longo do tempo.**

Observa-se pelo gráfico que nas idades iniciais de cura (7 dias), houve um maior ganho de resistência nos grupos que tiveram seus exemplares imersos em água (ASHC e AG), com seus valores de resistência em torno de 40 MPa, sendo seguido dos exemplares acondicionados em embalagem plástica (ASP), com o pior desempenho sendo os curados ao ar livre (AL), o que pode indicar a tipo de cura influência nas reações de hidratação do cimento e nos ganhos de resistência do concreto.

Os resultados também indicam que os CP's que aos 28 dias alcançaram os maiores valores de resistência foram os CP's com cura ASHC, seguido bem próximo com cura AG, com uma diferença de 0,84 MPa, cerca de 1,73%. Observou-se também que o concreto com os piores resultados, em relação à compressão, foram os com a cura AL, com resistências aproximadamente 24,75% menores em relação ao ASHC. A curva de

ganho de resistência do concreto com cura AL, estabilizou-se aos 14 dias, seguindo praticamente constante até os 28 dias, não havendo maiores acréscimos na resistência, o que pode ter como explicação, o fato de que o concreto curado ao ar livre, perde maior umidade, estagnando as reações de hidratação do cimento, além de que, como a literatura afirma, possui um maior índice de poros e vazios e apresentar microfissuras devido a retração plástica. Esses resultados estão de acordo com o que afirmam Metha e Monteiro (2008) e Neville e Brooks (2013), que mostram que as curas realizadas em meio aquoso são ideais para progressão positiva da resistência atingindo praticamente patamar aos 14 dias com as resistências em torno de 46 MPa, além de que evidenciam que a não realização de qualquer tipo de cura como nos casos dos grupos AL e ASP limitam o desenvolvimento correta dessa resistência.

Os resultados obtidos do ensaio de tração indireta por compressão diametral indicam que a resistência a tração aos 28 dias dos CP's de AG, ASHC e ASP ficaram próximos entre si, sendo novamente o concreto com os resultados mais baixos os curados ao ar livre, Figura 4.

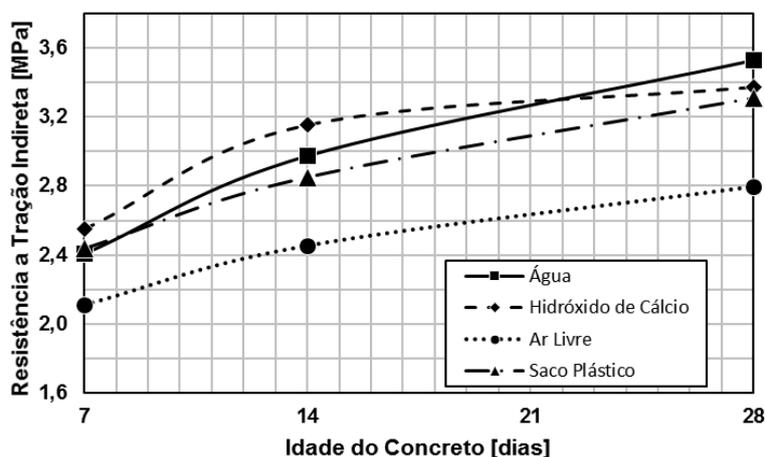


Figura 4. Gráficos de ganho de resistência à tração ao longo do tempo.

Observou-se que o ganho de resistência ocorreu de forma progressiva em todos os CP's, com o concreto ASHC aos 7 dias de idade atingindo valores um pouco maiores que os com as curas AG e ASP, que na mesma idade tinham praticamente o mesmo valor de resistência, seguido do concreto AL que teve a perda mais evidenciada. Aos 14 dias as curvas tornam-se mais distintas, com uma curva AG ficando acima da ASP. Na idade de 28 dias, nota-se que as curvas AG e ASP apresentaram uma maior evolução na resistência, com a AG até mesmo ficando acima da ASHC, que apresentou uma desaceleração no ganho de resistência à tração, esse comportamento contrasta com o apresentado na curva de resistência à compressão onde o concreto ASHC ficou acima dos demais. A variação nos resultados obtidos quando comparamos os gráficos de compressão e tração pode ser justificada devido à utilização, na realização dos ensaios, de apenas três CP's de cada tipo de cura, em cada idade de 7, e 14 dias.

Se faz necessário a verificação da significância dos resultados obtidos para confirmar se os valores obtidos são de fato provenientes dos tratamentos realizados na variável de interesse, neste caso a resistência mecânica, ou devido a fatores externos que

não se tinha controle durante a realização do ensaio. Para tanto se utilizou a análise de variância (ANOVA) nas médias obtidas para cada grupo, realizada com auxílio do programa STATISTIC. Os resultados para Compressão axial podem ser vistos na Tabela 5.

**Tabela 5. Análise de Variância (ANOVA) para Resistência à Compressão Axial**

Fonte de Variação	GL	SQ	Contribuição	QM	Valor-F	Valor-P
Tipo de Cura	3	595,297	99,55 %	198,432	2644,85	0,000
Varição Dentro do Grupo (Resíduos)	36	2,701	0,45 %	0,075		
Total	39	597,998	100 %			

Com o teste ANOVA se chegou à conclusão que há ao menos uma diferença significativa entre os grupos utilizados na pesquisa. Observou-se que o Valor-P encontrado estava abaixo do nível de significância ( $\alpha$ ) adotado no trabalho que é igual a 5 % e de acordo com Neto *et al.* (2003) e Casella *et al.* (2010), quando o Valor-P for maior que 5 %, não há motivos para rejeitar a hipótese nula, ou seja, que não existem diferenças significativas entre os tratamentos, logo existem diferenças significativas entre os grupos ensaiados. Apesar da ANOVA indicar a existência de uma diferença significativa entre os grupos analisados, o método não especifica entre quais grupos ocorre essa diferença. Devido a este fato, se fez necessário a comparação das médias através do teste de Tukey. As comparações emparelhadas do teste Tukey realizado para o experimento pode ser observada na Tabela 6, onde as médias que não compartilham uma letra são significativamente diferentes entre si.

**Tabela 6. Agrupamento usando Método Tukey e Confiança 95% (Compressão)**

Tipo de Cura	N	Média	Desvio Padrão	IC de 95 % Simultâneo	Agrupamento
AG	10	48,78	0,1891	(48,60; 48,95)	A
AL	10	39,78	0,4270	(39,60; 39,96)	B
ASHC	10	49,62	0,1530	(49,44; 49,79)	C
ASP	10	45,75	0,2428	(45,57; 45,92)	D

A variação que ocorre nos resultados para um intervalo de confiança 95% para a diferença entre os pares das médias dos grupos, não inclui zero, o que indica que a diferença entre estas médias é estatisticamente significativa (Tabela 7).

**Tabela 7. Teste Simultâneos de Tukey para as Médias do Ensaio de compressão**

Diferença entre Níveis	Diferença entre Médias	Erro Padrão da Diferença	IC de 95 % Simultâneo	Valor-T	Valor-P Ajustado
AL e AG	-8,994	0,122	(-9,324; -8,664)	-73,42	0,000
ASHC e AG	0,844	0,122	(0,514; 1,174)	6,89	0,000
ASP e AG	-3,030	0,122	(-3,360; -2,700)	-24,73	0,000
ASHC e AL	9,837	0,122	(9,507; 10,167)	80,31	0,000
ASP e AL	5,964	0,122	(5,634; 6,294)	48,69	0,000
ASP e ASHC	-3,873	0,122	(-4,203; -3,543)	-31,62	0,000

De forma similar aos resultados do ensaio de compressão axial a ANOVA realizada para o ensaio de tração por compressão diametral indica que há ao menos uma diferença significativa entre as médias dos grupos da pesquisa conforme dados da Tabela 8.

**Tabela 8. ANOVA para Resistência à Tração por Compressão Diametral**

Fonte de Variação	GL	SQ	Contribuição	QM	Valor-F	Valor-P
Tipo de Cura	3	3,086	51,48 %	1,0287	12,73	0,000
Variação Dentro do Grupo (Resíduos)	36	2,908	48,52 %	0,081		
Total	39	5,994	100 %			

As comparações emparelhadas do teste Tukey realizado para o experimento pode ser observada na Tabela 9.

**Tabela 9. Agrupamento usando Método Tukey e Confiança 95% (Tração)**

Tipo de Cura	N	Média	Desvio Padrão	IC de 95 % Simultâneo	Agrupamento
AG	10	3,53	0,32	(3,35; 3,72)	A
AL	10	2,79	0,31	(2,61; 2,97)	B
ASHC	10	3,37	0,18	(3,18; 3,55)	A
ASP	10	3,31	0,31	(3,12; 3,49)	A

Diferente do ensaio de compressão, o teste Tukey para tração mostrou que mostrou que não há diferença significativa entre os valores de resistência entre os grupos AG, ASHC e ASP, mostrando que o tipo de cura não influencia significativamente na resposta observada nas médias desses grupos.

Estatisticamente o único grupo que possui diferença significativa na comparação das médias é o grupo AL que possui valores de resistência menor que os demais grupos. Essas conclusões são reforçadas quando observamos os valores de variação que ocorre nos resultados para um intervalo de confiança 95% para a diferença entre os pares das médias dos grupos (Tabela 10).

**Tabela 10. Teste de Tukey para as Diferenças de Médias no Ensaio de Tração**

Diferença entre Níveis	Diferença entre Médias	Erro Padrão da Diferença	IC de 95 % Simultâneo	Valor-T	Valor-P Ajustado
AL e AG	-0,744	0,127	(-1,086; -0,401)	-5,85	0,000
ASHC e AG	-0,168	0,127	(-0,511; 0,174)	-1,32	0,554
ASP e AG	-0,228	0,127	(-0,570; 0,115)	-1,79	0,294
ASHC e AL	0,576	0,127	(0,233; 0,918)	4,53	0,000
ASP e AL	0,516	0,127	(0,174; 0,858)	4,06	0,001
ASP e ASHC	-0,059	0,127	(-0,402; 0,283)	-0,47	0,966

#### 4. Conclusões.

Ao final deste artigo e após análise dos resultados, pautada na literatura encontrada sobre o tema, chegou-se à conclusão que a cura, de fato constitui em uma prática essencial para garantir aspectos que são desejados, e que são o motivo para utilização do concreto como material estrutural, como a alta resistência a compressão e sua durabilidade.

Os gráficos gerados a partir dos dados obtidos nos ensaios de compressão axial e de tração indireta, mostram que o tipo de cura influência diretamente na evolução e ganho de resistência ao longo do tempo, com os tipos de cura realizados por imersão (AG e ASHC) apresentando os melhores resultados.

Conforme encontrado na literatura o concreto curado ao AL, apresentou os valores mais baixos com relação ao ganho de resistência, o que pode ser explicado pela perda de água por evaporação, estagnando assim as reações de hidratação do cimento necessárias, além de, como a literatura descreve esse tipo de concreto apresentar maior índice de vazios.

Conclui-se que os grupos curados por imersão obtiveram um acréscimo da resistência a compressão em torno de 24% em relação ao grupo que obteve o pior desempenho que foi o curado ao ar livre. Os resultados com relação ao ensaio de tração, se mostram de forma similar, porém não mostrando diferença significativa entre os grupos ASHC, AG e ASP.

A análise estatística empregada, auxiliou para determinar se de fato os resultados obtidos pelos ensaios experimentais eram de fato significativos e não apenas provenientes de fatores alheios que não podem ser controlados durante a realização dos ensaios experimentais.

Os testes ANOVA permitiram identificar se havia um diferença significativa entre os valores obtidos nas médias de cada grupo ensaiado, apresentando um Valor-P maior que 5%, o que indica que há de fato uma diferença significativa entre algum dos grupos, o que de fato foi comprovado através do teste Tukey, onde foi realizado as comparações entre médias, permitindo sabe entre quais médias a diferença ocorria.

O único grupo que apresentou valores na comparação das médias em relação ao demais foi o AL. Os demais grupos (AG, ASHC e ASP) não demonstraram diferença significativa, demonstrada pelos testes simultâneos realizados entre as médias para um intervalo de confiança de 95%. O teste Tukey apontou que apenas o grupo AL demonstra valores com IC (intervalo de confiança) que não contém o 0, e Valor-P ajustado menor que 0,05, o que indica a significância do grupo citado.

A aplicação de conceitos estatísticos foi importante para validar as conclusões tomadas a partir das médias dos ensaios. Através dos mesmos podemos concluir com que os valores atingidos para a resistência de compressão são



confiáveis, dentro de uma margem de 95%. A análise estatística empregada foi importante para identificar se os resultados obtidos pelos ensaios, indicados através dos cálculos das médias eram de fato significativos e quais tratamentos realmente afetaram o desempenho mecânico dos corpos de prova.

## Referências

- Associação Brasileira de Normas Técnicas. (2006) NBR: NM 45: Agregados – Determinação da massa unitária e do volume de vazios. Rio de Janeiro.
- Associação Brasileira de Normas Técnicas. (2009) NBR: NM 52: Agregado miúdo – Determinação de massa específica, massa específica aparente. Rio de Janeiro.
- Associação Brasileira de Normas Técnicas. (2009) NBR: NM 53: Agregado graúdo – Determinação de massa específica, massa específica aparente e absorção de água. Rio de Janeiro.
- Associação Brasileira de Normas Técnicas. (2003) NBR: NM 248: Agregados – Determinação da composição granulométrica. Rio de Janeiro.
- Associação Brasileira de Normas Técnicas. (2015) NBR: 5738: Concreto – Procedimento para moldagem e cura de corpos de prova. Rio de Janeiro.
- Associação Brasileira de Normas Técnicas. (2007) NBR: 5739: Concreto – Ensaio de compressão de corpos-de-prova cilíndricos. Rio de Janeiro.
- Associação Brasileira de Normas Técnicas. (2011) NBR: 7222: Concreto e argamassa – Determinação da resistência à tração por compressão diametral de corpos de prova cilíndricos. Rio de Janeiro.
- Bauer, L. A. F. Materiais de Construção. (2001) Rio de Janeiro, 5ª Edição, Ed. LTC.
- Casella, G. e Bergert, R.L. (2010) Inferência estatística. 2ª Edição. São Paulo: Cengage Learning.
- Gil, A. C. (1999) Métodos e técnicas de pesquisa social. São Paulo, 5ª Edição, Ed. Atlas.
- Guimarães, J. E. P. (2002) A Cal: Fundamentos e aplicações na Engenharia Civil. São Paulo, 2ª Edição, Ed. PINI.
- Helene, P. e Levy, S. M. (2013) Qual é a Cura Recomendada para a Estrutura de Concreto? Boletín Técnico nº 8. Mérida, México: ALCONPAT – Asociación Latinoamericana de Control de Calidad, Patología e Recuperación de la Construcción.
- Isaia, G. C. *et al.* (2011) A água no Concreto. Concreto: Ciência e Tecnologia. São Paulo, Ed. Ibracon.
- Mehta, P. K. e Monteiro, P. J. M. (2008) Concreto: Estrutura, Propriedades e Materiais. São Paulo, 3ª Edição. Ed. Ibracon.
- Neville, A. M. e Brooks, J. J. (2013) Tecnologia do Concreto. Porto Alegre, 2ª Edição. Ed. Bookman.



Neto, B. B., Scarminio, I. S. e Bruns, R. E. (2003) Como Fazer Experimentos: Pesquisa e Desenvolvimento na Ciência e na Indústria. 2º Edição. Campinas: Editora da Unicamp.

Quarcioni, V. A. (2008) Influência da cal hidratada nas idades iniciais da hidratação do cimento Portland – estudo em pasta. Tese (Doutorado) – Departamento de Engenharia da Construção Civil, Escola Politécnica da Universidade de São Paulo, São Paulo.