

## **Avaliação das propriedades mecânicas do concreto (consistência do concreto e resistência à compressão aos 7 e 28 dias) utilizado no sistema construtivo composto por Concreto-PVC: Estudo de caso.**

*Bernardo, R.M.(1); Luena, F.T.R.(1); de Lima, D.F.(1); de Medeiros, F.K.(1); FERREIRA, H.S.(1); Bezerra, U.T.(2); Filho, R.M.(1); Araujo Filho, F.T.(3); (1) ; (2) UFPB; (3) IFPB;*

### RESUMO

*A cadeia produtiva da construção civil tem uma parcela importante no produto interno bruto (PIB). A maior parcela se dá no setor de habitação. Existe hoje uma demanda considerável e prazos cada vez menores para a conclusão dessas edificações assim é imprescindível buscar soluções alternativas para atender ao público com prazos menores. O presente estudo tem como objetivo avaliar as propriedades mecânicas de edificações executadas com a tecnologia Concreto-PVC. As propriedades foram determinadas através de ensaios mecânicos. Para análise das propriedades mecânicas foram realizados os ensaios de consistência ou espalhamento de concreto, resistência à compressão aos 7 e 28 dias. Com os ensaios realizados, observou-se uma variação na resistência à compressão do concreto usado na concretagem das paredes. O valor médio de resistência à compressão do concreto foi de 15,66 MPa aos 28 dias.. Esse valor foi inferior ao exigido pela DIRETRIZ SINAT, o que indica desacordo com a legislação vigente.*

**Palavras-chaves:** concreto-PVC; Construção civil; propriedades mecânicas; modelo construtivo.

### INTRODUÇÃO

Nos últimos anos o Brasil tem passado por transformações em todos os setores fundamentais, o processo de urbanização

ganha destaque, repercutindo principalmente na construção civil. Os negócios no setor de construção avançam desenfreadamente ano após ano, atualmente sendo uns dos pilares da economia brasileira [1].

A construção civil possui potencial destaque econômico na Paraíba, sendo o setor de maior geração de emprego e renda, a demanda imobiliária cresce generosamente principalmente na zona sul e leste da cidade João Pessoa-PB[2].

Atualmente existem dois modelos de sistemas construtivos predominantes, que são a alvenaria estrutural e o concreto armado, estes são os mais comuns. Além disso, eles possuem suas limitações em relação a tempo de produção, exigem um elevado índice de mão de obra e, tradicionalmente, são modelos geradores de resíduos[3]. É notória a necessidade de uma evolução na produtividade desse seguimento, com diminuição de tempo de serviço e consequentemente diminuição de gasto, produzindo com a mesma qualidade e padrão. O sistema concreto-PVC produz edificações com padrões de qualidade semelhante aos modelos existentes, possuindo vantagem na redução do tempo de serviço, consequentemente a diminuição de custo com mão de obra, tornando o modelo construtivo cada vez mais viável[3].

A construção civil vem causando impactos ambientais, que pode ser devido ao consumo de recursos naturais e ou geração de

resíduos, existe uma grande dificuldade de conciliar a grande produção do setor, que é uma necessidade atual, com técnicas sustentáveis que seja menos agressiva ao meio ambiente[4].

Diante da necessidade da construção civil no cumprimento de prazos e na diminuição de resíduos, uma busca por novos modelos construtivos é uma necessidade real. Na atualidade, o modelo concreto-PVC vem ganhando espaço gradativamente no setor de construção civil do Brasil, esse fator se dá por ser um processo rápido e menos agressivo ao meio ambiente quando comparado aos tradicionais.

O concreto-PVC é uma alternativa para construções rápidas e com qualidade comparável com as existentes no mercado, levando grande vantagem para o construtor que vai ganhar tempo de execução e um menor consumo de insumos e mão de obra [5].

#### Sistema construtivo concreto-PVC

Esse sistema caracteriza-se por paredes internas e externas com função estrutural, constituídas por painéis de PVC preenchidos com concreto. Os painéis de PVC são dispostos como uma espécie de fôrma que após a montagem é preenchida com concreto. Esta estrutura fica incorporada às paredes (figura 1), que além da função de fôrma, serve de revestimento, tornando

desnecessário um acabamento final. Os painéis são ancorados em uma fundação, que geralmente do tipo Radier sendo um tipo de estrutura rasa que funciona como uma laje contínua de concreto armado em toda a área da construção e transmite as cargas da estrutura, as fôrmas de PVC são acopladas entre si por meio de encaixes laterais. O concreto é empregado podendo ser fluido ou auto adensável, assim possibilitando o preenchimento das fôrmas, por sua característica auto adensável não necessita de vibrações para sua acomodação dentro dos porfies [6].

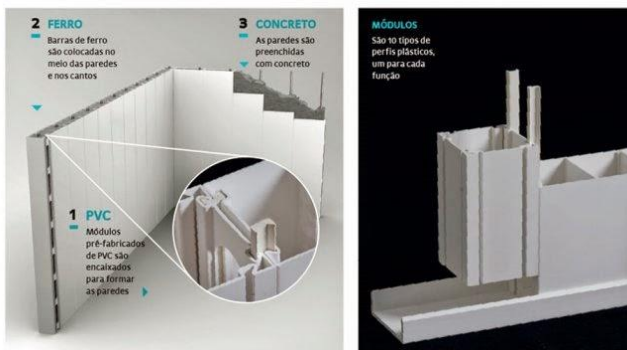


Figura 1 - Paredes de Concreto-PVC. Fonte: FNDE, 2015.

[Figure 1 - PVC-Concrete walls. Source: FNDE, 2015]

A utilização de sistemas construtivos industrializados contribui para a redução dos prazos em relação aos cronogramas de obras de sistemas construtivos convencionais. Grande parte dos componentes são produzida em fábricas, de maneira ágil e precisa e o trabalho no canteiro de obras se detém na montagem

dos componentes estruturais e ligações com outros sistemas existentes (hidráulico, elétrico e de fundações). A industrialização permite maior precisão e controle de qualidade dos componentes produzidos. Além disso, a detalhada especificação e alto nível de exigência dos cadernos de requisitos e critérios de desempenho, peças fundamentais do edital de contratação, permitem a avaliação do atendimento a estes critérios de qualidade. Os sistemas de construção ditos “secos”, não mais baseados em uma tradição construtiva artesanal do concreto armado e alvenaria, proporcionam um canteiro de obras mais limpo, com menor geração de resíduos de construção e redução considerável dos desperdícios [7].

### Característica do sistema construtivo concreto-PVC

O sistema Concreto-PVC, caracteriza-se como um conjunto sistemático, que proporciona um ganho na produtividade que pode chegar a cerca de 40% no tempo total da obra, devido a rapidez em sua montagem, além disso, apresenta outras características como a economia no consumo de água, diminuição no consumo energético e uma menor geração de entulho[8].

A montagem do sistema construtivo dispensa o uso de equipamentos pesados, como guindaste e ferramentas especiais[9]. Conforme avaliações realizadas por uma

Instituição Técnica credenciada pelo Sistema Nacional de Avaliações Técnicas (SINAT), os painéis de PVC usados no sistema atendem às condições de conforto térmico e acústico, são resistentes à ação de fungos, à maioria dos agentes químicos e às intempéries, reduzindo a necessidade de manutenção das paredes, permitem ampliações após a entrega do imóvel e também a aplicação de revestimentos tais como texturas e pinturas, havendo necessidade de outros tipos de revestimento, como revestimento cerâmico e rebolco o PVC pode ser retirado, sem causar dano a estrutura da edificação. O interior oco dos perfis (Figura 2) facilita a colocação das armaduras e das tubulações das instalações elétricas, hidros sanitárias, de telefonia e de gás [10].



Figura 2 - Perfil para tubulação Fonte: Arquivo Pessoal (2015)  
*[Figure 2 - Profile for pipe Source: Personal Cabinet (2015)]*

O sistema atende aos requisitos da norma NBR 15575:2013 Edificações Habitacionais -

desempenho e às exigências dos principais programas habitacionais brasileiros.

As formas que compõem o sistema são muito leves ( $8 \text{ kg/m}^2$  a  $14 \text{ kg/m}^2$ ), facilitando o processo de montagem, mesmo em locais de difícil acesso, como terrenos com topografia acidentada por exemplo. É uma solução diversificada, independentemente da localização geográfica ou do clima da região, além de ter aplicações em construções para uso privado ou de interesse público e social [11].

As paredes de PVC não necessitam de grandes manutenções, apenas água e sabão são suficientes para a limpeza. Apesar disto, existe a possibilidade de pintar as paredes de PVC, para isso, basta lixar a superfície e aplicar massa corrida dissolvida com a tinta desejada. Já estão sendo desenvolvidas tintas para a superfície do PVC [3].

Para o usuário desse modelo construtivo existem inúmeras vantagens com relação aos modelos tradicionais, tais como:

- (i) fácil limpeza e manutenção;
- (ii) longa vida útil;
- (iii) isolamentos térmico e acústico;
- (iv) resistência às intempéries, vento e maresia;
- (v) resistência à ação de fungos, bactérias e roedores;
- (vi) solidez e flexibilidade;
- (vii) possibilidade de ampliação; e
- (viii) resistência mecânica para fixações.

### PVC usado na construção civil

As aplicações diretamente ligadas à Construção Civil (tubos e conexões, perfis e fios e cabos principalmente) somam aproximadamente 62% da demanda total de PVC no Brasil. Nessas aplicações o PVC mostra excelente relação custo-benefício se confrontado com a de materiais concorrentes como a madeira, metais e cerâmicas, além de apresentar vantagens facilmente perceptíveis em quesitos como comportamento ante chama, resistência química e ao intemperismo, isolamento térmico e acústico, facilidade de instalação, baixa necessidade de manutenção e excelente acabamento e estética, dentre outras [12]. Vale destacar que o segmento de perfis, que engloba chapas rígidas, é o de maior potencial de crescimento no Brasil.

O PVC é o termoplástico mais utilizado na construção civil, para qual se destinam 65% da sua produção total[13]. No Brasil, o PVC vem se tornando uma opção em projetos residenciais, comerciais e industriais, e vem se destacando as mais importantes tendências de modernização da construção civil no país[14].

Devido a suas características, fica evidente que o PVC é matéria prima do desenvolvimento sustentável, tanto pela sua versatilidade quanto pelos segmentos de mercado no quais participa, notadamente

aqueles ligados diretamente à construção civil, o que torna relevante científica e socialmente qualquer projeto de pesquisa cujo tema seja este material tão multifuncional[15].

### Propriedades do concreto

Entende-se como concreto fresco, o concreto no estado plástico, antes do endurecimento. Ainda que suas propriedades no estado fresco sejam de interesse para a aplicação, sabe-se que elas estão relacionadas e têm grande implicação nas propriedades do concreto endurecido. Algumas propriedades do concreto endurecido dependem fundamentalmente de suas características enquanto no estado fresco[16].

A propriedade desejada do concreto varia de acordo com o tipo de obra que será executada, sendo imprescindíveis as propriedades para cada tipo de aplicação. As dosagens entre os constituintes do concreto irão definir a sua resistência final, módulo de deformação e sua durabilidade frente os agentes agressores que serão submetidos, o traço do concreto é definido pela quantidade de agregado e quantidade de cimento. A quantidade de água de amassamento também influencia a qualidade final do produto[17].

O conjunto de propriedades e características de um concreto é o que o

qualifica, devem, entretanto, serem consideradas em termos relativos, segundo a exigência da obra a ser utilizado. Por exemplo: a impermeabilidade de um concreto é característica essencial para concretos utilizados em estruturas hidráulicas, não sendo tão rigidamente exigida em concretos utilizados em estruturas de edifícios residenciais, quando as exigências fundamentais são deslocadas para características mecânicas de resistência e rigidez[18].

Para o caso do concreto convencional, a resistência do agregado deve ser igual ou superior à resistência do concreto que se deseja produzir. No que diz respeito à ligação pasta/agregado, esta depende, basicamente, da forma, da textura superficial e da natureza química dos agregados[19].

Algumas propriedades do concreto não são fáceis de ser mensurada devido à dificuldade de ensaiar as partículas separadas, a resistência à compressão dos componentes do concreto (agregados) pode ser medidas indiretamente, com a medição da resistência à compressão.

As principais propriedades mecânicas do concreto são: resistência à compressão, resistência à tração e módulo de elasticidade. Essas propriedades são determinadas a partir de ensaios, executados em condições específicas e geralmente realizados para controle de qualidade e atendimento às especificações[20].

Processo de endurecimento dos concretos à base de cimento Portland é muito longo, podendo levar mais de dois anos para completar-se. Com a idade o concreto endurecido vai aumentando a resistência a esforços mecânicos. Aos 28 dias de idade já adquiriu cerca de 75 a 90% de sua resistência total. É na resistência mecânica apresentada pelo concreto endurecido 28 dias após a sua execução que se baseia o cálculo dos elementos de concreto[21].

## **OBJETIVO**

Avaliação das propriedades mecânica do concreto: consistência do concreto e resistência à compressão aos 7 e 28 dias. Utilizado no sistema construtivo composto por Concreto-PVC

## **MATERIAIS**

Os perfis de PVC e o concreto foram obtidos na obra da creche de Concreto/PVC, Localizada na cidade de João pessoa, PB. Visto que cada material possui características intrínsecas, assim possuindo respostas diferentes quando submetidos a solicitações mecânicas. Foram realizados ensaios normatizados, com os resultados

obtidos pode-se prever sua vida útil e suas possíveis falhas.

## MÉTODOS

### Consistência ou espalhamento do concreto (estado fresco)

Para determinar a consistência do concreto foi utilizada a metodologia descrita na NBR NM 68, para realização do ensaio do concreto fresco coletado no canteiro de obra, foram usados a mesa grif e o tronco de cone, todo o processo de execução do ensaio teve a duração inferior a 5 minutos. Esse ensaio foi repetido para os 3 lotes de concreto analisados.

Para determinar o valor da consistência do concreto foi usada a seguinte equação:

- Consistência do concreto

$$D = \frac{d_1 + d_2}{2} \text{ (Equação 1)}$$

Onde:

D é a consistência do concreto, em milímetros;

d1 e d2 são os diâmetros nominais.

### Moldagem dos corpos de prova

Os moldes foram limpos e revestidos internamente com uma fina camada de óleo mineral, o concreto foi moldado com auxílio de uma concha, que foi deslocada ao redor do molde a fim de assegurar uma distribuição simétrica. Os Moldes foram preenchidos por duas camadas de concreto e adensado com 12 golpes, esse procedimento foi realizado para todos os moldes usados na confecção dos corpos de provas, nos três lotes. Foram moldados 12 corpos de prova para cada lote ensaiados, totalizado 32 corpos de prova. Após a moldagem os corpos de prova, os mesmos passaram 24 horas na obra, em local seguro, livres de vibrações e intempéries antes de serem desmoldados.

### Resistência característica à compressão aos 7 e 28 dias

Para determinar a consistência do concreto foi utilizada a metodologia descrita na NBR 5739, foram realizados ensaio a compressão aos 7 e 28 dias, portanto 6 corpos de prova rompidos aos 7 dias e outros 6 rompidos aos 28 dias, totalizando o rompimento de 12 corpos de prova para cada lote coletado de concreto utilizado para o preenchimento dos moldes de PVC. Os ensaios foram realizados no LABEME – Laboratório de Ensaio de Materiais e

Estruturas, localizado na Universidade Federal da Paraíba.

A resistência à compressão foi obtida, dividindo-se a carga da ruptura pela área da seção transversal do corpo de prova, o resultado deve ser expresso em MPa. A equação usada nos cálculos está demonstrada a seguir:

- Ensaio de Compressão corpo de prova 10x20 cm:

| Consistência do concreto |                     |                     |        |
|--------------------------|---------------------|---------------------|--------|
| Lote                     | d <sub>1</sub> (mm) | d <sub>2</sub> (mm) | D (mm) |
| I                        | 620                 | 615                 | 617,5  |
| II                       | 450                 | 445                 | 447,5  |
| III                      | 580                 | 570                 | 575    |
| Média                    |                     |                     | 546,7  |
| Desvio Padrão            |                     |                     | ±72,23 |

Área da Seção Transversal:

Área da Base:  $\pi * r^2$

Raio: 5 cm = 0,05 m

$$\sigma = \frac{F}{A} \rightarrow \sigma = \frac{N}{A} \rightarrow \sigma = \frac{Kgf}{A} \times 9,80665 \text{ (equação 2)}$$

Onde:

$\sigma$  = Tensão (Mpa);

F = Carga limite (Kgf);

A = Área (m<sup>2</sup>);

1 kgf = 9,80665 N.

## RESULTADO E DISCUSSÃO

A partir dos resultados obtidos com os ensaios realizados, foi feito confronto discursivo entre os resultados obtidos e os esperados.

### Consistência do concreto

A tabela 1 apresenta os valores para os três ensaios de consistência do concreto, houve uma variação entre os valores encontrados, a consistência média do concreto foi de D = 546,7 mm, o desvio padrão foi de ±72,23 mm.

Tabela I - Valores de Consistência do Concreto.

[Table I - Concrete Consistency values.]

O concreto produzido não apresenta espalhamento aceitável, de acordo com as literaturas encontradas para ser considerado auto adensável, devendo possuir uma variação de espalhamento entre 600 a 800 mm, diferentes autores classificam o concreto como auto adensável em função da sua fluidez, através da realização do ensaio de espalhamento, o valor encontrado deve estar entre os valores mínimo e máximo de espalhamento, esses valores são: [22] 610 a 750 mm, [23] 600 a 700 mm, [24] 600 a 750 mm, [25] 650 a 850mm e para [26] ≥ 600. Esta variação pode ser associada ao tipo e



quantidade de agregado usado no traço, quantidade de água, aditivos, local de aplicação. Cabe ao responsável pela produção do concreto auto adensável definir o melhor espelhamento observando a ocorrências ou não de segregação e/ou exsudação [22].

### Resistência à compressão

Foram ensaiados 3 lotes de corpos de prova com o tempo de cura de 7 dias e 28 dias, as figuras 3,4 e 5 mostram os corpos de prova rompidos.



Figura 3 (a): Rompimento dos Corpos de Prova 7 dias - 1º lote;  
(b): Rompimento dos Corpos de Prova 28 dias - 1º lote. Fonte: Arquivo pessoal (2014).  
*[Figure 3 (a): Disruption of Match Bodies 7 days - 1st batch;  
(b): Disruption of the Match Bodies of 28 days - 1st lot. Source: Personal File (2014)].*

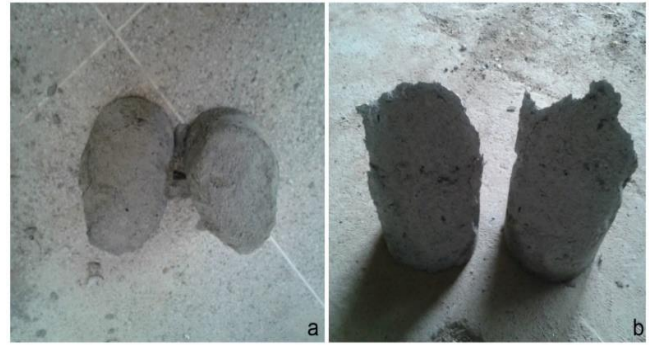


Figura 4 (a): Rompimento dos Corpos de Prova 7 dias - 2º lote; (b): Rompimento dos Corpos de Prova 28 dias - 2º lote. Fonte: Arquivo Pessoal (2014).  
*[Figure 4 (a): Disruption of the Match Bodies of seven days - 2nd batch; (b): Disruption of the Match Bodies of 28 days - 2nd batch. Source: Personal Cabinet (2014)]*



Figura 5 (a): Rompimento dos Corpos de Prova 7 dias - 3º lote; (b): Rompimento dos Corpos de Prova 28 dias - 3º lote. Fonte: Arquivo Pessoal (2014).  
*[Figure 5 (a): Disruption of the Match Bodies of seven days - 3rd batch; (b): Disruption of the Match Bodies of 28 days - 3rd lot. Source: Personal Cabinet (2014)]*

Com os rompimentos dos corpos de prova dos lotes ensaiados, nas idades de 7 e 28 dias, foram obtidos os valores da carga aplicada e tensão máxima, mostrados nas tabelas 3, 4 e 5.

Tabela II- Resultado do Ensaio à Compressão 1º Lote

[Table II- Result Compression 1and batch]

| 1º Lote de Corpos de Prova (CP) |             |          |                     |         |
|---------------------------------|-------------|----------|---------------------|---------|
| Nº CP                           | Carga (kgf) |          | Tensão Máxima (MPa) |         |
|                                 | 7 dias      | 28 dias  | 7 dias              | 28 dias |
| 1                               | 7000        | 14000    | 8,74                | 17,47   |
| 2                               | 10000       | 13400    | 12,48               | 16,72   |
| 3                               | 9000        | 13000    | 11,23               | 16,22   |
| 4                               | 9800        | 12000    | 11,22               | 14,97   |
| 5                               | 8400        | 13000    | 10,48               | 16,22   |
| 6                               | 8800        | 10800    | 10,98               | 13,48   |
| MÉDIA                           | 8833,33     | 12700    | 10,85               | 15,84   |
| DESVIO PADRÃO                   | ±989,38     | ±1037,62 | ±1,12               | ±1,29   |

Tabela III- Resultado do Ensaio à Compressão 2º Lote

[Table III - Test Result Compression 2nd Batch]

| 2º Lote de Corpos de Prova (CP) |             |         |                     |         |
|---------------------------------|-------------|---------|---------------------|---------|
| Nº CP                           | Carga (kgf) |         | Tensão Máxima (MPa) |         |
|                                 | 7 dias      | 28 dias | 7 dias              | 28 dias |
| 1                               | 5000        | 7000    | 6,24                | 8,74    |
| 2                               | 4400        | 6800    | 5,50                | 8,48    |
| 3                               | 4600        | 7200    | 5,74                | 8,99    |
| 4                               | 4200        | 6600    | 5,24                | 8,23    |
| 5                               | 4400        | 7200    | 5,50                | 8,99    |
| 6                               | 4600        | 7000    | 5,74                | 8,74    |
| MÉDIA                           | 4533,33     | 6966,66 | 5,66                | 8,69    |
| DESVIO PADRÃO                   | ±249,44     | ±213,43 | ±0,31               | ±0,27   |

Tabela IV - Resultado do Ensaio à Compressão 3º Lote.

[Table V - Test Result Compression 3rd Batch.]

| 3º Lote de Corpos de Prova (CP) |             |          |                     |         |
|---------------------------------|-------------|----------|---------------------|---------|
| Nº CP                           | Carga (kgf) |          | Tensão Máxima (MPa) |         |
|                                 | 7 dias      | 28 dias  | 7 dias              | 28 dias |
| 1                               | 12900       | 18000    | 16,09               | 22,44   |
| 2                               | 10900       | 18700    | 13,59               | 23,31   |
| 3                               | 12000       | 17200    | 14,96               | 21,44   |
| 4                               | 12000       | 18500    | 14,96               | 23,06   |
| 5                               | 12800       | 17500    | 15,96               | 21,82   |
| 6                               | 11200       | 18200    | 13,97               | 22,69   |
| MÉDIA                           | 11966,67    | 18016,67 | 14,92               | 22,46   |
| DESVIO PADRÃO                   | ±740,87     | ±527,30  | ±0,92               | ±0,65   |

A tabela 6 mostra os valores médios das resistências à compressão obtidas nos 3 lotes ensaiados aos 7 dias e 28 dias.

Tabela V - Valores Médios de Resistência a compressão.

[Table V - Values resistance to compression Medium.]

| Tensão Máxima (Mpa)     |        |         |
|-------------------------|--------|---------|
|                         | 7 dias | 28 dias |
| 1º Lote                 | 10,85  | 15,84   |
| 2º Lote                 | 5,66   | 8,69    |
| 3º Lote                 | 14,92  | 22,46   |
| Resistencia Média (MPa) | 10,47  | 15,66   |
| Desvio padrão (MPa)     | ±3,78  | ±5,62   |

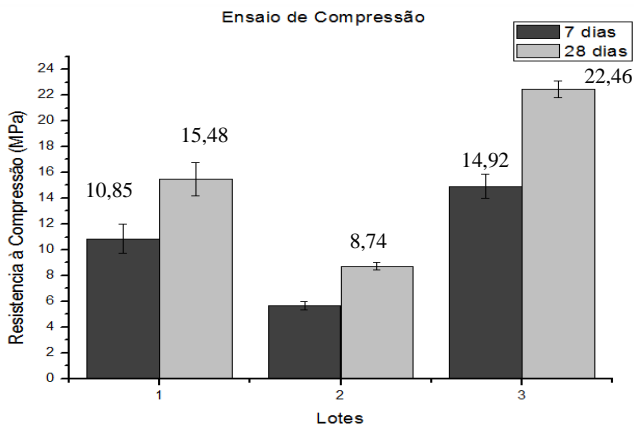


Figura VI - Comparativo das Resistências à Compressão Média dos 3 lotes com 7 e 28 dias.

[Figure VI - Comparison of Resistance to Compression Average of 3 batches 7 and 28 days.]

No 1º lote a resistência média para 7 dias foi de 10,85 MPa com um desvio padrão de  $\pm 1,12$  MPa, com 28 dias a resistência média foi de 15,84 MPa, tendo um desvio padrão de  $\pm 1,29$  MPa. A resistência à compressão aumentou 44,35% de 7 dias para 28 dias. Esses valores baixos podem estar relacionados à presença de argila encontrada no agregado miúdo, no ensaio de consistência do concreto realizado para este lote (figura 3) foi notório a presença de torrões de argila, com o rompimento dos corpos de prova, De acordo com DIRETRIZ SINAT, o valor desse ensaio não se enquadra dentre os padrões para a concretagem das paredes de perfis de PVC, que é do mínimo 20 MPa, após 28 dias. A presença de argila prejudica a aderência entre o agregado e a pasta de cimento, além

de que na presença de umidade podem expandir, provocando patologias, nesse caso específico com o surgimento de poros no concreto, a fratura do corpo de prova ocorreu na interface entre a argila e o concreto, contornando todo torrão, reduzindo possivelmente a resistência mecânica do concreto.

Para 2º lote a resistência do concreto para 7 dias foi de 5,66 MPa com um desvio padrão de  $\pm 0,31$  MPa, com 28 dias a resistência média foi de 8,69 MPa, tendo um desvio padrão de  $\pm 0,27$  Mpa, De acordo com DIRETRIZ SINAT, o valor desse ensaio não se enquadra dentre os padrões para a concretagem das paredes de perfis de PVC, que é do mínimo 20 MPa, após 28 dias. A resistência à compressão aumentou 53,35% de 7 dias para 28 dias. Os fatores que influenciam a resistência à compressão do concreto são: tipos e tamanhos dos agregados leves, tipos de cimento, tipo e o tamanho máximo do agregado graúdo britado[27].

O 3º lote obteve resistência à compressão de 14,92 MPa aos 7 dias, com desvio padrão de  $\pm 0,92$  MPa, aos 28 dias a resistência subiu para 22,46 MPa, com um desvio padrão de  $\pm 0,65$  MPa. A resistência à compressão aumentou 66,42% de 7 dias para os 28 dias. De acordo com DIRETRIZ SINAT, o valor desse ensaio enquadra-se dentre os padrões para a concretagem das

paredes de perfis de PVC, que é do mínimo 20 MPa, após 28 dias.

Para os 3 lotes ensaiados, para as idades de 7 e 28 dias, a média da resistência dos 3 lotes para 7 dias foi de 10,47 MPa, obtendo um desvio padrão de  $\pm 3,78$  MPa. Aos 28 dias a resistência média dos 3 lotes foi de 15,66 MPa, com um desvio padrão de  $\pm 5,62$  MPa. Pode-se observar uma grande variação entre os valores de resistências entre os 3 lotes analisados, a variação foi em ambas as idades 7 dias e 28 dias, visto o elevado valor no desvio padrão, sendo superior  $\pm 5$  MPa para 28 dias. De acordo com DIRETRIZ SINAT, o qual rege as normas para construção de creche com esse modelo construtivo, o concreto fluido ou auto adensável deve possuir resistência à compressão mínima de 20 MPa aos 28 dias. Esse valor só foi alcançado apenas no terceiro lote ensaiado, chegando a resistência a 22,46 MPa ao fim dos 28 dias, os demais lotes não chegaram a alcançar o valor mínimo exigido que é de 20Mpa (figura 6), ficando fora dos padrões para ser usado na concretagem das paredes da creche. Esse fato está relacionado ao controle de qualidade dos agregados e a dosagem do concreto.

O concreto produzido apresenta resistência à compressão inferior quando comparado com as literaturas, de acordo com [28] usando concreto auto adensável incorporado 40% de RSMG (resíduo de

serragem de mármore e granito) em volume ( $\text{Kg}/\text{Cm}^3$ ), obteve uma resistência à compressão a idades de 7 e 28 dias respectivamente 31,30 e 36,82 Mpa, no trabalho realizado por [29] usando concreto auto adensável, incorporado *fíler* entre seu agregados, obteve a resistência à compressão a idades 7 e 28 dias respectivamente de 28,22 e 35,32 Mpa. Comparando os valores da resistência à compressão encontrados nos trabalhos citados acima, o concreto utilizado nesse trabalho ficou bem abaixo, expressando sua qualidade inferior para que seja utilizado nas paredes da respectiva obra. Os concretos usados por [28] e [29] possuem resistência à compressão aceitável de acordo com a DIRETRIZ SINAT, podendo ser empregado na concretagem das paredes, diferente do que foi utilizado, que possui resistência inferior a 20 Mpa a idade de 28 dias.

A diferença da resistência dos concretos avaliados mostra a necessidade de um controle de qualidade nos materiais que estão sendo utilizados no canteiro de obra, não só no produto final, mas em todas as etapas, ensaios devem ser realizados nos componentes do concreto de acordo com as normas vigentes, a fim de manter uma dosagem padrão de seus componentes, uniformizando o traço, com isso padronizando a qualidade do concreto incorporada nas paredes, evitando variações

de resistências entre paredes de uma mesma estrutura.

## CONCLUSÕES

O presente trabalho fez um estudo do sistema construtivo Concreto – PVC, implantado na construção de creche no município de João Pessoa – PB, abordando a análise da resistência à compressão das paredes constituídas por painéis de PVC e preenchidas com concreto fluido.

Os ensaios realizados para determinação de consistência por espalhamento, tiveram variações em seus resultados nos três lotes, os valores ficaram inferiores quando comparados as literaturas analisada, não se enquadrando com auto adensáveis.

Houve uma discrepância da resistência à compressão entre os três lotes de concreto avaliados, resultando em um concreto com resistência inferior ao desejado, logo o concreto utilizado não possui resistência mínima exigida para utilização nas paredes.

Mesmo utilizando materiais de alta qualidade, deve ser considerada a qualificação dos profissionais envolvidos, sendo um fator primordial no sucesso do projeto. A equipe técnica formada por engenheiros, arquitetos, técnicos e mestre de obras, devem treinar os integrantes do canteiro de obra e fiscalizar todas as etapas da construção, garantindo a qualidade do

serviço e em consequência a sua durabilidade.

O sistema construtivo é recente no Brasil, necessitando de qualificação profissional e estudo na área, principalmente no que diz respeito à durabilidade.

## REFERÊNCIAS

[1] CASTRO, FRANCISCO. **A força e a importância da construção civil na economia brasileira.** 2012. <<http://www.franciscocastro.com.br/blog/?p=1183>>. Acesso em 10/10/2014.

[2] AVELAR, HALITA. **Setor de construção civil representa 40% das indústrias da Paraíba.** 2013. <<http://www.paraibatotal.com.br/noticias/2013/01/23/53494-setor-de-construcao-civil-representa-40-das-industrias-da-paraiba>>. Acesso em 10/10/2014.

[3] DOMARASKI, CONRADO SANCHES; FAGIANI, LUCAS SATO. **Estudo comparativo dos sistemas construtivos: steel frame, concreto-PVC e sistema convencional.** Trabalho de Fim de Curso, Universidade da Fundação Educacional de Barretos, Barretos, 2009.

[4] FREITAS, ISABELA MAURICIO. **Os resíduos de construção civil no município de Araraquara-SP.** Tese de Mestrado. Centro Universitário de Araraquara. Araraquara, 2009.

- [5] SANTOS, ALTAIR. **Tecnologia Concreto-PVC se propaga no Brasil**. 2011. <<http://www.cimentoitambe.com.br/tecnologia-concreto-pvc-se-propaga-no-brasil/>>. Acesso em 10/10/2014.
- [7] FNDE. **Metodologias Inovadoras: vantagens do novo método pro-infância**. <<http://www.fnde.gov.br/programas/proinfancia/proinfancia-metodologias-inovadoras/vantagens-do-novo-m%C3%A9todo-proinfancia>> . Acesso em 03/01/2015
- [8] FERRARI, THIAGO S. **A utilização do sistema royal para construção de casas populares**. CONCRETE SHOW, São Paulo, 2011.
- [9] TÉCHNE. **Sistema construtivo para casas e sobrados usa painéis de PVC preenchidos com concreto**. Ed. Out/2013. <<http://techne.pini.com.br/engenharia-civil/199/casas-com-paineis-de-pvc-preenchidos-com-concreto-299968-1.aspx>>. Acesso em 20/09/2014.
- [10] SOLVAY INDUPA. **Produtos em PVC: porque na construção civil beleza e eficiência são fundamentais**. <<http://www.solvayindupa.com.br>>. Acesso em 15/09/2014.
- [6] MINISTÉRIO DAS CIDADES. **Diretriz SINAT nº 004: Sistema construtivo formados por paredes estruturais construídas de painéis de PVC preenchidos com concreto**, Brasília, 2010.
- [11] IBDA – Instituto Brasileiro de Desenvolvimento da Arquitetura. **Concreto e PVC, um casamento promissor**, <<http://www.forumdaconstrucao.com.br/conteudo.php?a=43&Cod=1274>>, Acesso em 16/09/2014.
- [13] SMITH, WILLIAM F.; HASHEMI, JAVAD. **Fundamentos de Engenharia e Ciência dos Materiais**. 5ª ed. Rio de Janeiro: Livros Técnicos e Científicos, 2012.
- [12] RODOLFO JR., ANTONIO. **Tecnologia do PVC**, 2ª ed. São Paulo. BRASKEM. Livros Técnicos e Científicos, 2006
- [14] INSTITUTO DO PVC. **Aplicação do PVC na construção civil**. <[http://www.institutodopvc.org/publico/?a=conteudo\\_link&co\\_id=122](http://www.institutodopvc.org/publico/?a=conteudo_link&co_id=122)>. Acesso em 15/09/2014
- [15] ARAÚJO, MARCO ANTONIO REBOUÇAS. **PVC na arquitetura: esquadrias em PVC**. Trabalho de Fim de Curso, Faculdade de Tecnologia da Zona Leste. São Paulo, 2009.
- [16] MARTINS, PAULO BENJAMIM MORAIS. **Influência da granulometria agregado miúdo na trabalhabilidade do Concreto**. Trabalho Final de Curso, Universidade de Feira de Santana, Departamento de Engenharia Civil. Feira de Santana, 2008.
- [17] MOREIRA, AMACIN RODRIGUES. **Apostila de tecnologia do concreto**. Centro Federal de Educação Tecnológica do Paraná.

Departamento de Construção Civil. Paraná, 2004.

[18] GUIMARÃES, LEONARDO E.; DOS SANTOS, DEUSAIR R. **Avaliação do módulo de deformação do concreto em diferentes idades e com diferentes relações água/cimento.** Trabalho final de curso. Universidade Federal de Goiás. Goiânia, 1999.

[19] LIMA, ÍTALO GIOVANNE CARVALHO ANDRADE. **Um estudo sobre produção do concreto leve estrutural.** Trabalho final de Curso. Universidade Estadual de Feira de Santana. Departamento de Tecnologia, Feira de Santana, 2010.

[20] FREITAS, RENAN PEREIRA. **Controle de qualidade em concreto endurecido: ensaios mecânicos.** Trabalho Final de Curso. Universidade Federal de Juiz de Fora. Juiz de Fora, 2012.

[21] PIMENTA, DHIEGO SARAIVA. **Produção de concreto convencional com a utilização de pó de brita.** Trabalho Final de Curso. Universidade Federal da Paraíba. Departamento de Engenharia Civil.

[22] ARAÚJO, JANAÍNA DAS GRAÇAS. **Influência de adições minerais pozolânicas e de finos de pedreira nas propriedades mecânicas e na microestrutura do concreto auto adensável.** Dissertação de Mestrado. Universidade Federal de Goiás. Goiânia, 2007.

[23] GOMES, P.C.C. **Optimization and characterization of high-strength self-compacting concrete.** Tese. Escola Técnica Superior D'Enginyers de Camins, Universitat Politècnica de Catalunya, Catalunya, 2002.

[24] GEYER, ANDRÉ LUIZ BOTTOLACCI; DE SÁ, RODRIGO RESENDE. **Concreto auto adensável: Uma tecnologia à disposição da construção civil de Goiânia.** REALMIX. Aparecida de Goiânia, 2005.

[25] EFNARC. **Specificacion and Guidelines for Self-Compacting Concrete.** EFNARC, 2002.

[26] REPETTE, WELLINGTON L.: **Concreto auto adensável – características e aplicações** – 135ª ed. PINI, Porto Alegre: Livros Técnicos e Científicos, 2008.

[27] ANDOLFATO, RODRIGO PIERNAS. **Controle tecnológico básico do concreto.** Universidade Estadual Paulista. Ilha Solteira, 2002.

[28] CAVALCANTI, DIOGO JATOBÁ DE HOLANDA. **Contribuição ao estudo de propriedades do concreto auto adensável visando sua aplicação em elementos estruturais.** Dissertação de mestrado. Universidade federal de Alagoas. Maceió, 2006.

[29] MELO, KAROLINE ALVES. **Contribuição à dosagem de concreto auto adensável com adição de fíler calcário.** Dissertação de mestrado. Universidade

federal de Santa Catarina. Florianópolis,  
2005.

***Evaluation of mechanical properties of concrete (concrete consistency and compressive strength at 7 and 28 days) used in the construction system consists of PVC-Concrete: Case Study.***

**Abstract**

*The production chain of construction has an important share in the gross domestic product (GDP). The largest share is given in the housing sector. There is now a considerable demand and shrinking deadlines for the completion of these buildings so it is essential to seek alternative solutions to serve the public with shorter terms. This study aims to evaluate the mechanical properties of buildings performed with the PVC-Concrete technology. The properties were determined by mechanical testing. For testing of mechanical properties were performed with reliability tests or concrete scattering 7e compressive strength at 28 days. With the tests performed, there was a variation in the compressive strength of the concrete used in concrete walls. The average strength of concrete compression was 15.66 MPa at 28 days .. This value was lower than required by General Order SINAT, indicating disagreement with current legislation.*



**Keywords:** concrete-PVC; Construction; mechanical properties; constructive model.