

## Durabilidade de tijolos solo-cal incorporados com resíduos de demolição da construção civil

*Durability of soil-lime bricks embedded with demolition construction residues*

### Suélen Silva Figueiredo

Engenheira Civil, Mestranda em Engenharia Civil, Universidade Federal de Campina Grande (UFCG).  
[suelensfigueiredo@gmail.com](mailto:suelensfigueiredo@gmail.com)

### Cibelle Guimarães Silva

Engenheira Civil, Doutoranda em Ciência e Engenharia de Materiais, Universidade Federal de Campina Grande (UFCG).  
[cibelleguimaraes@yahoo.com.br](mailto:cibelleguimaraes@yahoo.com.br)

### Gelmires A. Neves

Professor, Doutor do Departamento de Engenharia de Materiais da Universidade Federal de Campina Grande (UFCG).  
[gelmires@dema.ufcg.edu.br](mailto:gelmires@dema.ufcg.edu.br)

### Resumo

A incorporação dos resíduos de demolição da construção civil (RD) em tijolos solo-cal, substituindo parte do aglomerante, torna-se possível devido às propriedades cimentantes que esses resíduos podem apresentar quando finamente moídos. Essa pesquisa objetiva avaliar a durabilidade de tijolos solo-cal incorporados com resíduos de demolição da construção civil. Para o desenvolvimento dessa pesquisa foram confeccionados corpos-de-prova utilizando o traço 1:10 em massa, em proporção de cal:solo e incorporados com resíduo em substituição parcial à cal, nas proporções de 25%, 50% e 75%, para períodos de cura de 28, 60 e 90 dias. Posteriormente, os corpos-de-prova foram submetidos à avaliação da durabilidade. Os resultados obtidos mostraram que a incorporação do resíduo aos tijolos solo-cal em teores superiores a 50% reduz sua durabilidade.

**Palavras-chave:** Solo-cal, resíduos de demolição e durabilidade.

### Abstract

*The introduction of demolition residues (DR) into soil-lime bricks, replacing part of the pozzolan, becomes possible due to the cementing properties that these residues may present when finely ground. This study aims to evaluate the durability of soil-lime bricks embedded with demolition residues. For this study test specimens were prepared using mixtures with a mass ration of 1:10 of lime:soil and embedded with the residue in partial replacement of lime, in the proportions of 25%, 50% and 75%, for curing periods of 28, 60 and 90 days. Later, the test specimens were evaluated for durability. The results showed that the soil-lime bricks embedded with a residue content of more than 50% had their durability reduced.*

**Keywords:** Soil-lime, demolition residues and durability.

### 1. Introdução

Os resíduos de construção representam cerca de 50% de todos os resíduos sólidos urbanos, segundo Farias Filho (2007). Além disso, a indústria da construção civil consome entre 15% a 50% de todos os recursos extraídos da natureza;

essa quantidade coloca esse setor como sendo o maior consumidor individual de recursos naturais. Alguns impactos são plenamente visíveis e revelam um extenso comprometimento da qualidade do ambiente e da paisagem local, daí a impor-

tância de se desenvolverem novas técnicas de reutilização e reciclagem do entulho e de se motivarem os geradores a diminuir esse desperdício.

Tais resíduos, quando finamente moídos poderão apresentar propriedades cimentantes e serem reutilizados na construção civil, viabilizando sua utilização em materiais de construção diversificados. Uma alternativa é a incorporação do resíduo de demolição da construção civil (RD) ao tijolo solo-cal.

O tijolo solo-cal é um material de construção composto de solo, cal e água. De acordo com Krishnaiah e Suryanarayana Reddy (2008), ele possui diversas vantagens, como a simplicidade de produção, que pode ser feita utilizando-se equipamentos simples e de baixo custo. Também seu manejo, não necessita mão-de-obra especializada. Outra qualidade refere-se à sua resistência à compressão, que é semelhante à do tijolo convencio-

nal. Além disso, esse tipo de tijolo pode ser fabricado no próprio local da obra, utilizando o solo disponível na região, e não necessita de cozimento, evitando, também, os impactos causados por esse processo de fabricação.

A incorporação do entulho da construção civil aos tijolos solo-cal torna-se viável devido à possibilidade de esses resíduos apresentarem propriedades cimentantes e substituírem parte da cal empregada na composição do material. Porém, para que esses novos materiais sejam aceitos pelo mercado, é necessário que apresentem qualidades e características iguais ou superiores aos materiais convencionais. Assim, o estudo da durabilidade dos materiais alternativos torna-se fundamental nessa avaliação.

Para se ter um material confiável e de qualidade, é necessário, não só que se assegurem suas características técnicas iniciais, mas, também, que essas caracte-

terísticas se mantenham satisfatórias ao longo da vida útil do material, ou seja, que se tenha uma durabilidade adequada à utilização requerida.

Segundo Oliveira et al. (2006) apud Lima (2010), considerando a complexidade dos mecanismos de degradação, a prolongada vida útil esperada para os produtos da construção civil e os elevados custos das obras civis, torna-se fundamental a estimativa do comportamento do novo produto dentro dos princípios de avaliação de desempenho. Assim, a avaliação da durabilidade certamente é o aspecto mais importante do desenvolvimento de um novo material (Lima, 2010).

Essa pesquisa teve como objetivo estudar a durabilidade dos tijolos solo-cal incorporados com resíduos de demolição da construção civil, utilizando o método do envelhecimento acelerado, por meio da aplicação de ciclos de molhamento e secagem.

## 2. Materiais e métodos

Os materiais utilizados, nesse trabalho, foram: resíduo de demolição da construção civil, proveniente de demolições no Laboratório de Solos I da UFCG/Campus I, Campina Grande; solo argiloso proveniente do Município de Lagoa Seca - PB; cal calcítica hidratada conhecida comercialmente como Carbomil, fabricada no Município de Limoeiro do Norte - CE e água potável fornecida pela concessionária local. Para os ensaios de caracterização, o solo foi destorroado e passado em peneira ABNT n° 200 (0,074 mm); o resíduo foi beneficiado e peneirado em peneira ABNT n° 200 (0,074 mm), em seguida, ambos materiais foram colocados em sacos plásticos, lacrados e etiquetados. O solo utilizado, nos ensaios tecnológicos, foi seco ao ar, destorroado e peneirado em peneira ABNT n° 4 (4,8 mm).

As matérias-primas utilizadas, nessa pesquisa, foram submetidas aos ensaios de caracterização através da determinação da composição química,

utilizando a espectrometria de fluorescência de raios X (Shimadzu EDX-700) e a difração de raios X (Shimadzu XRD-6000), para se identificarem as fases mineralógicas presentes nas amostras.

O traço utilizado para confecção dos corpos-de-prova foi de 1:10 em massa, sendo a proporção representativa de cal:solo e cal:resíduos:solo. Foram confeccionados corpos-de-prova de referência, sem adição de resíduo e corpos-de-prova com a incorporação de 25%, 50% e 75% de RD, em substituição à parte do aglomerante (cal). Foram moldados 60 corpos-de-prova para cada composição, utilizando-se moldes cilíndricos, com dimensões de 5 x 10 cm (diâmetro x altura), tomando-se, como referência, os procedimentos estabelecidos pela norma ABNT NBR 12024/92. Após moldagem, os corpos-de-prova foram submetidos a períodos de cura de 28, 60 e 90 dias em câmara úmida com 100% de umidade relativa.

O fator água/aglomerante foi esta-

belecido com base na umidade ótima de compactação, determinada de acordo com a norma ABNT NBR 7182/86 - Ensaio de Compactação (Proctor Normal).

A durabilidade dos tijolos solo-cal, nas composições estudadas, foi avaliada, utilizando-se o método do envelhecimento acelerado, baseado no procedimento utilizado por Oliveira (2004) e Farias Filho (2007). Os corpos-de-prova, após o período de cura, foram submetidos a 12 ciclos de molhamento e secagem (Figura 1). Ao fim de cada ciclo, uma amostra de 5 corpos-de-prova foi retirada e submetida ao ensaio de compressão simples, representando a resistência média à compressão simples do ciclo. Esse ensaio objetiva avaliar a durabilidade de blocos convencionais e alternativos com e sem função estrutural, utilizando-se, como indicador de degradação, a perda de resistência à compressão simples de corpos-de-prova cilíndricos.

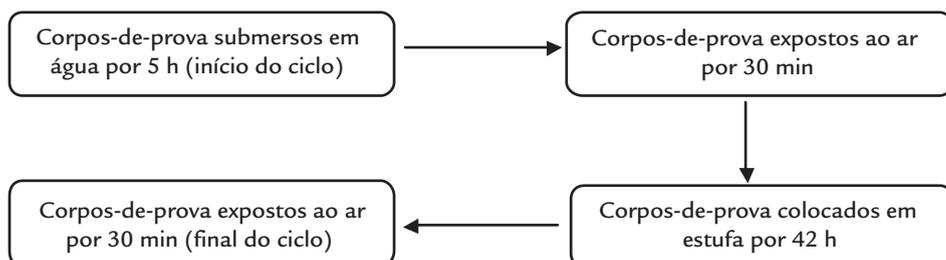


Figura 1  
Ciclo de molhamento e secagem.

### 3. Resultados e discussão

#### Análise química

A Tabela 1 apresenta as composições químicas do solo, da cal e do RD.

Analisando os resultados obtidos na Tabela 2, pode-se observar que o solo apresentou maiores quantidades de sílica ( $\text{SiO}_2$ ) e alumina ( $\text{Al}_2\text{O}_3$ ), provenientes da fração argilosa, feldspato e sílica livre. O teor de óxido de ferro superior a 6%, confere cor avermelhada ao solo e o  $\text{K}_2\text{O}$

e o CaO são provenientes da mica e do carbonato de cálcio.

A composição química da cal apresentou um alto teor de óxido de cálcio (CaO) e um baixo teor de óxido de magnésio (MgO); já os demais componentes, equivalentes às impurezas, representam 2,2%. De acordo com essa composição, a cal estudada classifica-se como calcítica.

De acordo com a norma ABNT NBR 12653/92 e ASTM C 618 (1998), o RD utilizado apresenta composição química favorável à atividade pozolânica, tendo em vista que os teores de dióxido de silício, de óxido de alumínio e de óxido de ferro representaram mais de 70% da composição química do resíduo e este ainda apresentou teor de  $\text{SO}_3$  inferior a 7%.

Tabela 1  
Composição química dos materiais estudados.

| Amostra | Composição Química (%) |                         |                      |      |                         |       |               |                |               |
|---------|------------------------|-------------------------|----------------------|------|-------------------------|-------|---------------|----------------|---------------|
|         | $\text{SiO}_2$         | $\text{Al}_2\text{O}_3$ | $\text{K}_2\text{O}$ | MgO  | $\text{Fe}_2\text{O}_3$ | CaO   | $\text{SO}_3$ | $\text{TiO}_2$ | Outros Óxidos |
| Solo    | 51,43                  | 37,08                   | 2,06                 | 1,09 | 6,51                    | 1,03  | 0,13          | 0,56           | 0,11          |
| Cal     | 0,92                   | 0,48                    | 0,37                 | 2,27 | 0,23                    | 95,53 | 0,11          | -              | 0,09          |
| RD      | 52,45                  | 20,96                   | 2,85                 | 2,35 | 6,51                    | 12,68 | 0,65          | 1,00           | 0,55          |

#### Difração de Raios - X

A Figura 2 apresenta os difratogramas do solo, da cal e do resíduo utilizados na pesquisa.

Observando o difratograma do solo da Figura 2, verifica-se a presença de caulinita ( $\text{Al}_2\text{Si}_2\text{O}_5(\text{OH})_4$ ), de quartzo ( $\text{SiO}_2$ ),

de calcita ( $\text{CaCO}_3$ ). Também percebe-se menor quantidade de mica ( $\text{KMg}_3(\text{Si}_3\text{Al})\text{O}_{10}(\text{OH})_2$ ). No difratograma da cal, verifica-se que a cal é constituída basicamente de portlandita ( $\text{Ca}(\text{OH})_2$ ) e de calcita ( $\text{CaCO}_3$ ). No difratograma do RD,

evidenciam-se as seguintes fases mineralógicas: albita ( $\text{Na}(\text{Si}_3\text{Al})\text{O}_8$ ), caulinita ( $\text{Al}_2\text{Si}_2\text{O}_5(\text{OH})_4$ ) e quartzo ( $\text{SiO}_2$ ). Também verifica-se menor quantidade de calcita ( $\text{CaCO}_3$ ) e de mica ( $\text{KMg}_3(\text{Si}_3\text{Al})\text{O}_{10}(\text{OH})_2$ ).

#### Ensaio Tecnológicos

A Tabela 2 e a Figura 3 apresentam os resultados de durabilidade avaliados por meio da resistência à compressão simples (RCS) dos corpos-de-prova ao longo dos ciclos de molhamento e secagem, para a composição de referência (solo-cal) e para as composições com incorporação de 25%, 50% e 75% de resíduos de demolição, para o período de cura de 28 dias.

Analisando a Figura 3, observa-

se que as curvas referentes ao ensaio de envelhecimento acelerado iniciado após os 28 dias de cura dos corpos-de-prova apresentaram comportamento ascendente, nos resultados da resistência à compressão simples, para um determinado número de ciclos. Em seguida, no entanto, ocorre um decréscimo, evidenciando o efeito do envelhecimento. Na curva referente ao solo-cal, houve um ganho de resistência do 1º ao 8º ciclo de 123,73%,

do 8º ao 12º ciclo ocorreu um decréscimo na RCS equivalente a 44,19%. Na curva referente aos resultados de solo-cal, com incorporação de 25% de RD, observou-se um aumento na resistência do 1º ao 4º ciclo de 52,77%, logo após observou-se um decréscimo de 26,18% do 4º ao 9º ciclo.

Para os corpos-de-prova, com incorporação de 50% de resíduo de demolição, houve um ganho de RCS do 1º ao 3º

Tabela 2  
Resistência à Compressão Simples (RCS) ao longo dos ciclos de envelhecimento para os corpos-de-prova após o período de cura de 28 dias.

| Ciclo | Composições |     |                     |         |                     |         |                     |         |
|-------|-------------|-----|---------------------|---------|---------------------|---------|---------------------|---------|
|       | Solo-Cal    |     | Solo-Cal +25% de RD |         | Solo-Cal +50% de RD |         | Solo-Cal +75% de RD |         |
|       |             | CV* |                     | CV*     |                     | CV*     |                     | CV*     |
| 1º    | 1,77 ± 0,24 | -   | 2,35 ± 0,04         | 0,0195  | 2,30 ± 0,40         | 0,2184  | 1,27 ± 0,04         | -0,0234 |
| 2º    | 1,92 ± 0,08 | -   | 2,67 ± 0,06         | 0,0000  | 2,53 ± 0,31         | -0,0121 | 0,98 ± 0,14         | -0,0055 |
| 3º    | 2,55 ± 0,03 | -   | 2,93 ± 0,08         | -0,0011 | 2,58 ± 1,10         | 0,0195  | 0,70 ± 0,12         | -0,0017 |
| 4º    | 2,69 ± 0,08 | -   | 3,59 ± 0,61         | -0,0258 | 2,39 ± 0,07         | 0,0030  | 0,86 ± 0,01         | -0,0003 |
| 5º    | 2,80 ± 0,21 | -   | 3,39 ± 0,16         | -0,0173 | 2,28 ± 0,18         | 0,0195  | 0,86 ± 0,45         | 0,0473  |
| 6º    | 3,12 ± 0,06 | -   | 3,33 ± 0,16         | -0,0052 | 1,89 ± 0,02         | 0,0007  | -                   | -       |
| 7º    | 3,26 ± 0,19 | -   | 3,21 ± 0,30         | 0,1880  | 1,91 ± 0,04         | -0,0269 | -                   | -       |
| 8º    | 3,96 ± 0,66 | -   | 2,94 ± 0,31         | -0,1023 | 2,18 ± 0,01         | 0,0047  | -                   | -       |
| 9º    | 2,99 ± 0,72 | -   | 2,65 ± 0,13         | -0,0561 | 2,01 ± 0,21         | 0,0740  | -                   | -       |
| 10º   | 2,38 ± 0,21 | -   | 2,82 ± 0,08         | -0,0083 | 2,00 ± 0,18         | -0,0188 | -                   | -       |
| 11º   | 2,26 ± 0,34 | -   | 3,42 ± 0,04         | 0,0087  | 1,85 ± 0,15         | 0,0305  | -                   | -       |
| 12º   | 2,21 ± 0,25 | -   | 3,74 ± 0,19         | -0,0243 | 1,93 ± 0,18         | -0,0234 | -                   | -       |

\* As CV das composições com incorporação de RD foram calculadas em relação à composição de referência (solo-cal).

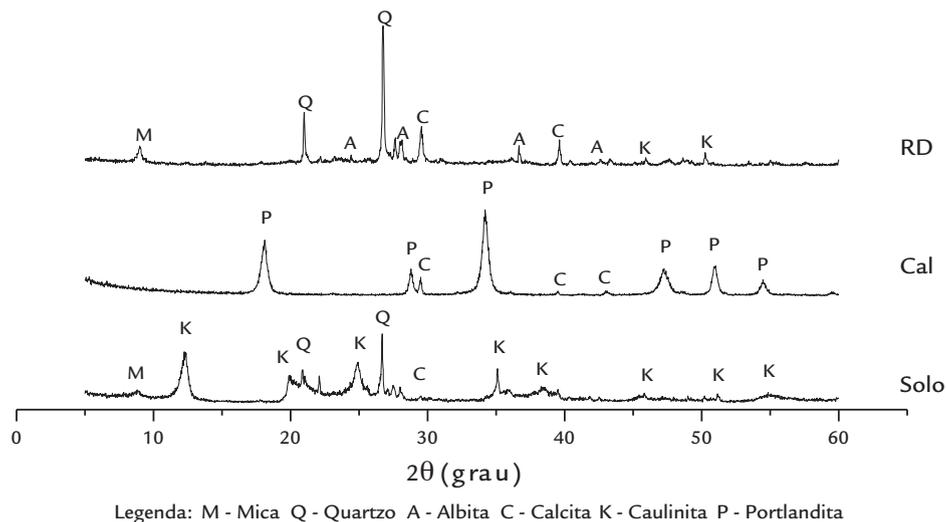


Figura 2  
Difração de raios-X do solo, da cal e do RD.

ciclo de 12,17%; em seguida, observou-se um decréscimo do 3° ao 12° ciclo de 25,19% em sua resistência à compressão simples, evidenciando o efeito do envelhecimento. A curva referente ao solo-cal com 75% de resíduo apresentou apenas cinco ciclos, com decréscimo do 1° ao 5° ciclo de 32,28% na resistência. Esse comportamento demonstrou a degradação acentuada dos corpos-de-prova incorporados com grande porcentagem de resíduo, tendo em vista não terem resistido aos 12 ciclos do ensaio.

A Tabela 3 e a Figura 4 apresentam os resultados de durabilidade avaliados por meio da resistência à compressão simples (RCS) dos corpos-de-prova ao longo dos ciclos de molhamento e secagem, para a composição de referência (solo-cal) e para as composições com incorporação de 25%, 50% e 75% de resíduos de demolição, para o período de cura de 60 dias.

Analisando a Figura 4, observa-

se que as curvas referentes ao ensaio de envelhecimento acelerado, iniciado após os 60 dias de cura dos corpos-de-prova, apresentaram comportamento ascendente, nos resultados da resistência à compressão simples, para um determinado número de ciclos; em seguida, ocorreu um decréscimo devido ao envelhecimento. Na curva referente ao solo-cal, houve um ganho de resistência do 1° ao 3° ciclo de 54,08%, do 3° ao 12° ciclo ocorreu um decréscimo na RCS equivalente a 40,22%, representando uma diminuição total de 7,89%. Na curva referente aos resultados de solo-cal, com incorporação de 25% de RD, observou-se um acréscimo na resistência do 1° ao 11° ciclo de 54,08%, do 11° ao 12° ciclo houve um decréscimo de 22,74%. Para os corpos-de-prova, com incorporação de 50% de resíduo de demolição, houve um acréscimo de RCS do 1° ao 6° ciclo de 22,65%. Em seguida ocorreu um decréscimo do 6° ao 12° ciclo de 28,92%, apresentando

uma diminuição total de 12,82% em sua resistência à compressão simples, devido ao envelhecimento. A curva referente ao solo-cal com 75% de resíduo apresentou apenas cinco ciclos, com decréscimo do 1° ao 5° ciclo de 33,62% na resistência, comportamento semelhante ao observado no ensaio realizado após os 28 dias de cura, fato que evidenciou o acelerado envelhecimento dos corpos-de-prova incorporados com grande porcentagem de resíduo.

A Tabela 4 e a Figura 5 apresentam os resultados de durabilidade avaliados por meio da Resistência à Compressão Simples (RCS) dos corpos-de-prova ao longo dos ciclos de molhamento e secagem, para a composição de referência (solo-cal) e para as composições com incorporação de 25%, 50% e 75% de resíduos de demolição, para o período de cura de 90 dias.

Analisando a Figura 5, observa-se que as curvas referentes ao ensaio de

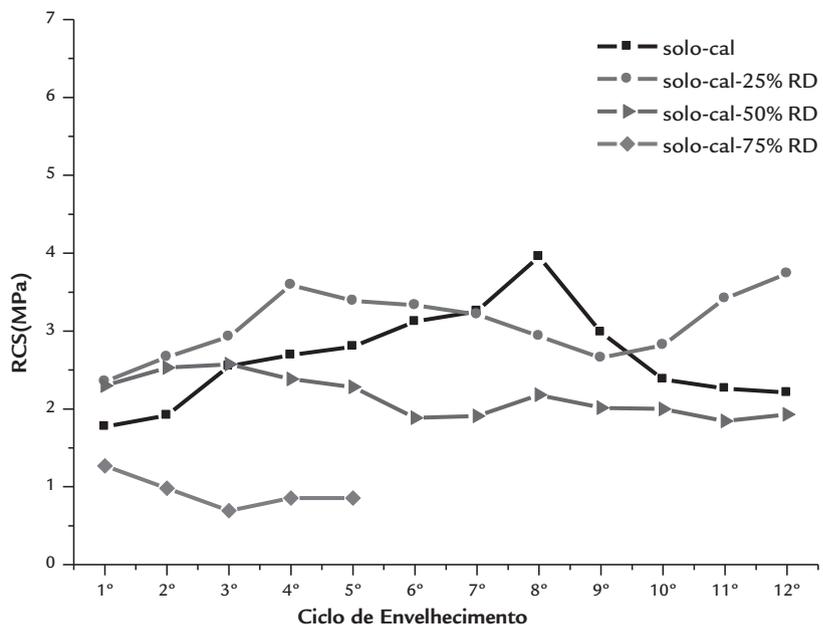


Figura 3  
Resistência à compressão simples (RCS) dos corpos-de-prova após o período de cura de 28 dias.

| Ciclo | Composições |     |                     |         |                     |         |                     |         |
|-------|-------------|-----|---------------------|---------|---------------------|---------|---------------------|---------|
|       | Solo-Cal    |     | Solo-Cal +25% de RD |         | Solo-Cal +50% de RD |         | Solo-Cal +75% de RD |         |
|       |             | CV* |                     | CV*     |                     | CV*     |                     | CV*     |
| 1°    | 3,55 ± 0,02 | -   | 2,94 ± 0,25         | -0,0027 | 2,34 ± 0,24         | 0,0026  | 1,16 ± 0,11         | 0,0012  |
| 2°    | 4,71 ± 0,18 | -   | 3,05 ± 0,04         | 0,0032  | 2,47 ± 0,80         | -0,0877 | 0,98 ± 0,14         | -0,0130 |
| 3°    | 5,47 ± 0,12 | -   | 3,17 ± 0,28         | 0,0170  | 2,53 ± 0,16         | -0,0098 | 0,72 ± 0,08         | 0,0047  |
| 4°    | 4,64 ± 0,06 | -   | 3,70 ± 0,03         | -0,0008 | 2,70 ± 0,58         | 0,0008  | 0,74 ± 0,11         | 0,0032  |
| 5°    | 4,61 ± 0,30 | -   | 3,84 ± 0,22         | 0,0333  | 2,71 ± 0,24         | 0,0366  | 0,77 ± 0,31         | 0,0000  |
| 6°    | 4,19 ± 0,54 | -   | 3,85 ± 0,68         | -0,1848 | 2,87 ± 0,33         | -0,0886 | -                   | -       |
| 7°    | 4,46 ± 0,43 | -   | 3,94 ± 0,04         | -0,0356 | 2,67 ± 0,64         | -0,6484 | -                   | -       |
| 8°    | 4,30 ± 0,47 | -   | 3,34 ± 0,16         | 0,0109  | 2,40 ± 0,13         | 0,0086  | -                   | -       |
| 9°    | 4,04 ± 0,02 | -   | 3,77 ± 0,23         | -0,0025 | 2,25 ± 0,08         | 0,0009  | -                   | -       |
| 10°   | 3,90 ± 0,16 | -   | 3,83 ± 0,02         | 0,0017  | 2,23 ± 0,02         | -0,0017 | -                   | -       |
| 11°   | 3,83 ± 0,08 | -   | 4,53 ± 0,04         | -0,0016 | 1,87 ± 0,04         | 0,0014  | -                   | -       |
| 12°   | 3,27 ± 0,13 | -   | 3,50 ± 0,15         | 0,0100  | 2,04 ± 0,33         | 0,0223  | -                   | -       |

Tabela 3  
Resistência à Compressão Simples (RCS) ao longo dos ciclos de envelhecimento para os corpos-de-prova após o período de cura de 60 dias.

\* As CV das composições com incorporação de RD foram calculadas em relação à composição de referência (solo-cal).

envelhecimento acelerado, iniciado após os 90 dias de cura dos corpos-de-prova, apresentaram comportamento ascendente, nos resultados da Resistência à Compressão Simples, para um determinado

número de ciclos; em seguida, ocorreu um decréscimo, evidenciando o efeito do envelhecimento. Sendo os melhores resultados, ocorreram com a composição com incorporação de 25% de resíduo de

demolição. Na curva referente ao solo-cal houve um ganho de resistência do 1° ao 12° ciclo equivalente a 50,64%, não sendo observado, assim, o envelhecimento na composição de referência. Para a curva

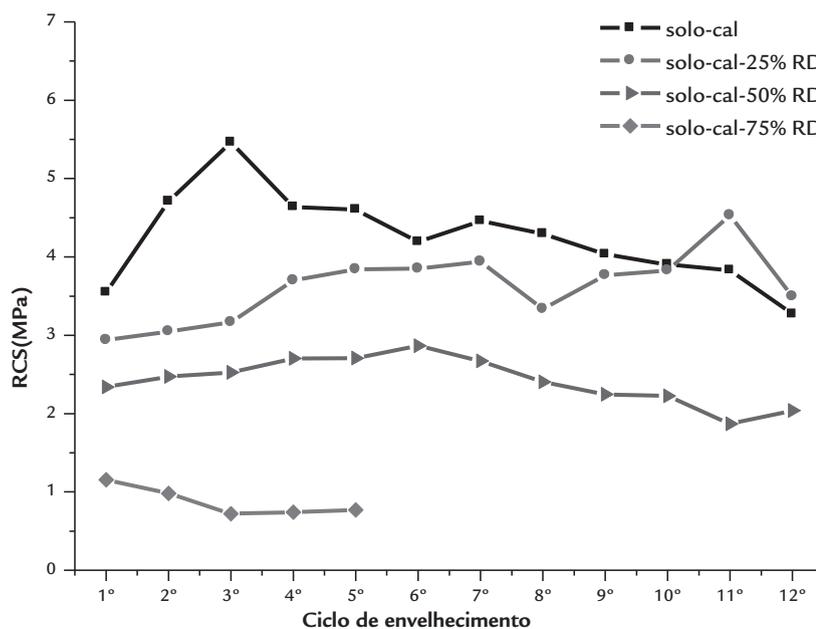


Figura 4  
Resistência à compressão simples (RCS) dos corpos-de-prova após o período de cura de 60 dias.

| Ciclo | Composições |     |                     |         |                     |         |                     |         |
|-------|-------------|-----|---------------------|---------|---------------------|---------|---------------------|---------|
|       | Solo-Cal    |     | Solo-Cal +25% de RD |         | Solo-Cal +50% de RD |         | Solo-Cal +75% de RD |         |
|       |             | CV* |                     | CV*     |                     | CV*     |                     | CV*     |
| 1°    | 3,93 ± 0,34 | -   | 4,31 ± 0,16         | 0,0264  | 3,45 ± 0,23         | 0,0384  | 0,88 ± 0,08         | -0,0144 |
| 2°    | 4,02 ± 0,04 | -   | 4,67 ± 0,62         | -0,0109 | 3,58 ± 0,18         | 0,0032  | 0,97 ± 0,01         | 0,0001  |
| 3°    | 4,24 ± 0,17 | -   | 5,42 ± 0,10         | 0,0084  | 3,69 ± 0,16         | 0,0132  | 1,06 ± 0,10         | -0,0084 |
| 4°    | 4,06 ± 0,14 | -   | 5,62 ± 0,25         | 0,0175  | 3,93 ± 0,25         | -0,0180 | 1,27 ± 0,11         | 0,0075  |
| 5°    | 4,13 ± 0,47 | -   | 5,80 ± 0,10         | 0,0231  | 3,99 ± 0,15         | -0,0347 | 1,30 ± 0,09         | 0,0215  |
| 6°    | 4,50 ± 0,18 | -   | 6,11 ± 0,09         | 0,0084  | 3,97 ± 0,09         | -0,0085 | 1,09 ± 0,02         | 0,0020  |
| 7°    | 4,67 ± 0,26 | -   | 6,25 ± 0,20         | 0,1656  | 4,10 ± 0,20         | -0,0259 | 0,98 ± 0,01         | -0,0019 |
| 8°    | 4,84 ± 0,23 | -   | 6,59 ± 0,22         | -0,0248 | 4,35 ± 0,30         | -0,0344 | 0,94 ± 0,06         | -0,0072 |
| 9°    | 5,20 ± 0,06 | -   | 6,42 ± 0,13         | 0,0036  | 4,10 ± 0,52         | -0,0148 | 0,87 ± 0,15         | 0,0042  |
| 10°   | 5,37 ± 0,25 | -   | 6,30 ± 0,57         | -1,3439 | 3,31 ± 0,06         | -0,0300 | 0,83 ± 0,12         | 0,0638  |
| 11°   | 5,52 ± 0,54 | -   | 6,11 ± 0,33         | 0,2562  | 3,45 ± 0,13         | -0,1036 | 0,77 ± 0,18         | 0,1363  |
| 12°   | 5,92 ± 0,69 | -   | 5,90 ± 0,54         | 0,1862  | 3,29 ± 0,95         | 0,3283  | -                   | -       |

Tabela 4  
Resistência à Compressão Simples (RCS) ao longo dos ciclos de envelhecimento para os corpos-de-prova após o período de cura de 90 dias.

\* As CV das composições com incorporação de RD foram calculadas em relação à composição de referência (solo-cal).

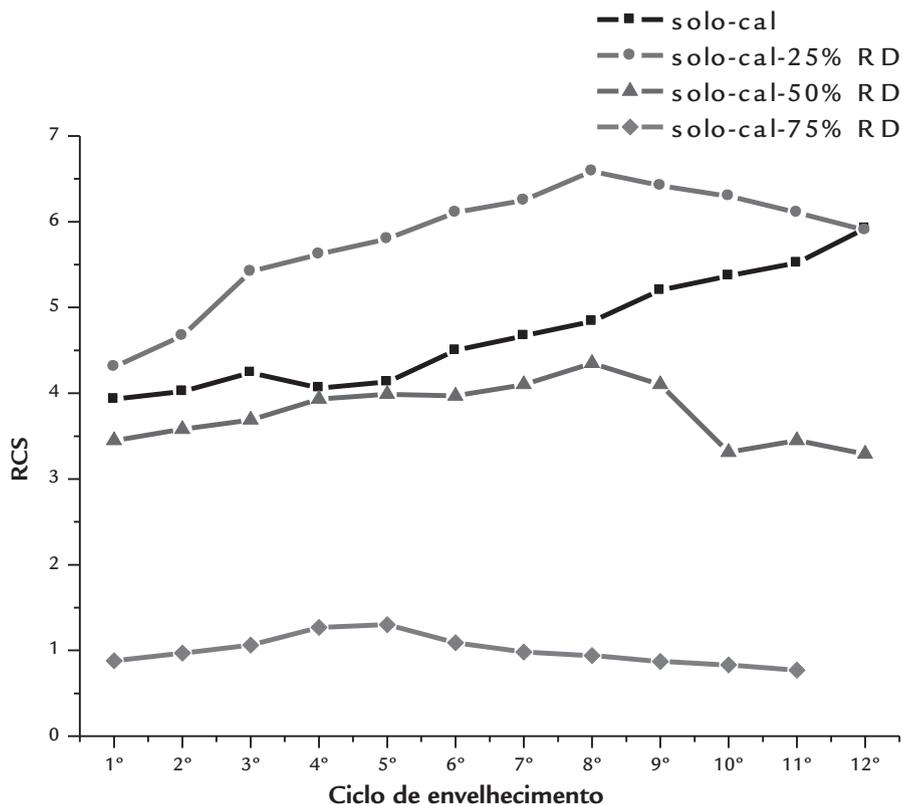


Figura 5 Resistência à Compressão Simples (RCS) dos corpos-de-prova após o período de cura de 90 dias.

referente aos resultados de solo-cal, com incorporação de 25% de RD, houve um acréscimo do 1º ao 8º ciclo de 52,90% em sua Resistência à Compressão Simples e do 8º ao 12º ciclo ocorreu uma diminuição de 10,47%.

Para os corpos-de-prova com incorporação de 50% de resíduo de demolição, houve um acréscimo de RCS do 1º ao 8º ciclo de 26,07%; em seguida, observou-se um decréscimo do 8º ao 12º ciclo de 24,37%, representando uma diminuição total de 4,64% em sua resistência à compressão simples, evidenciando o envelhecimento. A curva referente ao solo-cal com 75% de resíduo apresentou apenas

onze ciclos, com acréscimo do 1º ao 5º ciclo de 47,73% na resistência e, em seguida, um decréscimo do 5º ao 11º ciclo de 40,77%. Apesar da resistência a um maior número de ciclos, ainda fica demonstrado, por esse comportamento, que grandes porcentagens de resíduo de demolição incorporadas aos tijolos solo-cal aceleram o processo de envelhecimento.

Os resultados obtidos no ensaio de envelhecimento acelerado realizado após os 90 dias de cura foram mais satisfatórios em relação aos outros períodos de cura. Esse comportamento pode ser atribuído, provavelmente, à reação pozolânica, ou seja, ao consumo de portlandita

(Ca(OH)<sub>2</sub>). Já o decréscimo da RCS deve-se, provavelmente, à formação do carbonato de cálcio, ou seja, a carbonatação. A Figura 6 apresenta os difratogramas dos corpos-de-prova ensaiados após o período de cura de 90 dias, para a composição de referência (solo-cal) e para as composições com incorporação de 25%, 50% e 75% de resíduos de demolição.

Observando os difratogramas da Figura 6, verifica-se para todas as composições estudadas a presença das seguintes fases mineralógicas: mica (KMg<sub>3</sub>(Si<sub>3</sub>Al)O<sub>10</sub>(OH)<sub>2</sub>), caulinita (Al<sub>2</sub>Si<sub>2</sub>O<sub>5</sub>(OH)<sub>4</sub>), portlandita (Ca(OH)<sub>2</sub>), quartzo (SiO<sub>2</sub>) e calcita (CaCO<sub>3</sub>).

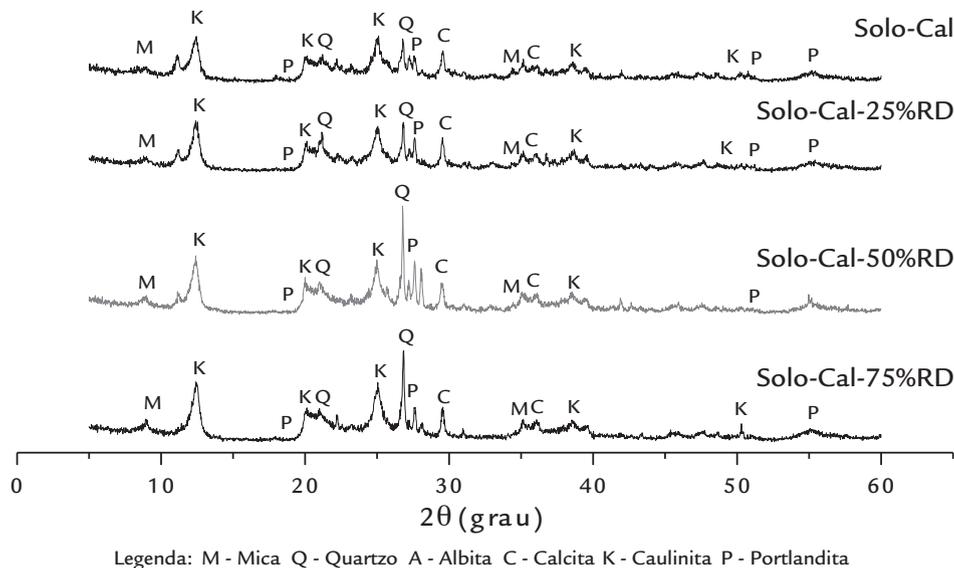


Figura 6 Difração de raios X das composições estudadas, para o período de cura de 90 dias.

#### 4. Conclusão

A partir dos resultados obtidos no estudo da durabilidade de tijolos solo-cal incorporados com resíduos de demolição, pôde-se concluir que: o resíduo de demolição apresentou composição química favorável à atividade pozzolânica; os corpos-de-prova solo-cal incorporados com 25% de resíduos de demolição apresentaram valores de RCS superiores aos de referência (solo-cal); quanto maior o teor de resíduo incorporado ao tijolo solo-cal, mais rápido se dá o envelhecimento; os corpos-de-prova submetidos ao envelhecimento, após os 90 dias de cura, apresentaram os melhores resultados.

teor de resíduo incorporado ao tijolo solo-cal, mais rápido se dá o envelhecimento; os corpos-de-prova submetidos ao envelhecimento, após os 90 dias de cura, apresentaram os melhores resultados.

#### 5. Agradecimentos

Os autores agradecem a Capes pelo apoio financeiro.

#### 6. Referências bibliográficas

- ABNT – Associação Brasileira de Normas Técnicas. *NBR 7182: Solo - ensaio de compactação*. Rio de Janeiro, 1984.
- ABNT – Associação Brasileira de Normas Técnicas. *NBR 12024: Moldagem e cura de corpos-de-prova cilíndricos*. Rio de Janeiro, 1992.
- ABNT – Associação Brasileira de Normas Técnicas. *NBR 12653: Materiais Pozzolânicos - Exigências químicas e físicas*. Rio de Janeiro, 1992.
- ASTM – American Society for Testing and Materials Standard Specification for coal fly ash and raw of calcined natural pozzolans for use as mineral admixtures in concrete, C-618. 1998.
- FARIAS FILHO, F. J. *Estudo da durabilidade de argamassas alternativas produzidas de resíduos de construção e granito*. Campina Grande: Universidade Federal de Campina Grande, 2007. 118p. (Tese de Doutorado).
- KRISHNAIAH, S., SURYANARAYANA, R. P. Effect of clay on soil cement blocks. In: The 12<sup>th</sup> International Conference of International Association for Computer Methods and Advances in Geomechanics (IACMAG). Índia, 2008. Disponível em: [www.civil.iitb.ac.in/~dns/IACMAG08/pdfs/P08.pdf](http://www.civil.iitb.ac.in/~dns/IACMAG08/pdfs/P08.pdf) > Acesso em: agosto/2010.
- LIMA, R. C. O. *Estudo da durabilidade de paredes monolíticas e tijolos de solo-cimento incorporados com resíduo de granito*. Campina Grande: Universidade Federal de Campina Grande, 2010. 107p. (Dissertação de Mestrado).
- OLIVEIRA, D. F. *Contribuição ao estudo da durabilidade de blocos de concreto produzidos com a utilização de entulhos da construção civil*. Campina Grande: Universidade Federal de Campina Grande, 2004. 218p. (Tese de Doutorado).
- OLIVEIRA, D. F., SANTOS, V. S., LIRA, H. L., MELO, A. B., NEVES, G. A. Durabilidade de compósitos de concreto Portland produzidos com agregados reciclados da construção civil. *Revista Eletrônica de Materiais e Processos*, v. 1, n. 2, 2006. Disponível em: [www.dema.ufcg.edu.br/revista](http://www.dema.ufcg.edu.br/revista). Acesso em: junho/2010.

---

Artigo recebido em 21 de março de 2011. Aprovado em 31 de maio de 2011.