

## Estabilização alcalina de solos Cauliníticos para fabricação de Adobes

### Alkaline stabilization of kaolinitic soils for adobe manufacturing

DOI:10.34117/bjdv8n6-273

Recebimento dos originais: 21/04/2022

Aceitação para publicação: 31/05/2022

#### **Adriano da Silva Félix**

Instituição: Centro Universitário de Patos (UNIFIP), Campus Patos, Brasil  
Endereço: R. Horácio Nóbrega, S/N, Belo Horizonte, Patos - PB, CEP: 58704-000  
E-mail: adriano.s.felix@hotmail.com

#### **José Augusto Gomes Neto**

Departamento de Engenharia Civil e Ambiental  
Instituição: Universidade Federal da Paraíba, Campus João Pessoa, Brasil  
Endereço: Campus I Lot. Cidade Universitaria, PB, CEP: 58051-900  
E-mail: jaugustogn@hotmail.com

#### **Brunna Lima de Almeida Victor Medeiros**

Instituição: Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia da Paraíba, Campus Guarabira, Brasil  
Endereço: Rua Professor Carlos Leonardo Arcoverde, Sn, Rodovia, PB, Guarabira - PB, CEP: 58200-000  
E-mail: prof.brunna.almeida@gmail.com

#### **Normando Perazzo Barbosa**

Departamento de Engenharia Civil e Ambiental  
Instituição: Universidade Federal da Paraíba, Campus João Pessoa, Brasil  
Endereço: Campus I Lot. Cidade Universitaria, PB, CEP: 58051-900  
E-mail: nperazzob@yahoo.com.br

#### **Larissa Fernandes Costa**

Instituição: Centro Universitário de Patos (UNIFIP), Campus Patos, Brasil  
Endereço: R. Horácio Nóbrega, S/N, Belo Horizonte, Patos - PB, CEP: 58704-000  
E-mail: larissafercosta@hotmail.com

#### **Luísa Eduarda Lucena de Medeiros**

Instituição: Centro Universitário de Patos (UNIFIP), Campus Patos, Brasil  
Endereço: R. Horácio Nóbrega, S/N, Belo Horizonte, Patos - PB, CEP: 58704-000  
E-mail: lu.mdeiros@gmail.com

### **RESUMO**

O adobe é certamente um dos materiais mais antigo da humanidade e de menor custo energético entre os materiais de construção. Devido ao seu processo produtivo esse material se torna susceptível á ação da água, dessa forma, sendo necessário a sua estabilização. Um novo método de estabilização que vem com a proposta de aumentar a durabilidade do adobe é a ativação alcalina. Nesse caso o ligante alcalino é formado pela dissolução de partículas ricas em sílica e alumina submetidos a um ambiente alcalino. O presente trabalho tem como objetivo realizar a estabilização do solo caulinitico por meio

da ativação alcalina para fabricação de adobes sem a adição de precursores geopoliméricos, com o intuito de melhorar suas características mecânicas e resistência a ação da água. Foram elaboradas misturas com o solo no estado natural (SN) e solo calcinado (SC) com dois tipos de concentrações molares para as soluções alcalinas (10 mols e 12 mols). Para que o solo tivesse uma reatividade melhor o mesmo foi moído até passar na peneira de nº 325. As amostras foram submetidas a dois procesos de cura diferentes (cura ambiente 28°C e cura eletrônica 65°C) e realizada os ensaios de imersão à água e resistência à compressão simples. Os resultados parciais mostram que os adobes produzidos com essas misturas tem uma grande durabilidade à ação da água com absorção dentro do previsto em norma para solo-cimento e resistência á compressão que variam de 6,3 MPa à 21,7 MPa. Possibilitando a produção em larga escala de adobes para produção de residências de interesse social com baixo custo energético no proceso produtivo.

**Palavras-chave:** adobe, solo, ativação alcalina, estabilização, água

### **ABSTRACT**

The adobe is certainly one of the oldest materials of mankind and the one with the lowest energy cost among the construction materials. Due to its production process this material becomes susceptible to the action of water, thus, being necessary its stabilization. A new stabilization method that comes with the proposal to increase the durability of adobe is alkaline activation. In this case the alkaline binder is formed by dissolving particles rich in silica and alumina under an alkaline environment. The present work aims to stabilize kaolinitic soil by means of alkaline activation for the manufacture of masonry without the addition of geopolymeric precursors, in order to improve its mechanical characteristics and resistance to water action. Mixtures of natural soil (SN) and calcined soil (SC) were prepared with two types of molar concentrations for the alkaline solutions (10 mols and 12 mols). For the soil to be more reactive it was ground to pass a 325 mm sieve. The samples were submitted to two different curing processes (room curing at 28°C and electronic curing at 65°C) and tested for water immersion and compressive strength. The partial results show that the masonry produced with these mixtures have a great durability to the action of water with absorption within the predicted standard for soil-cement and compressive strength ranging from 6.3 MPa to 21.7 MPa. Possibilitando a produção em larga escala de adobes para produção de residências de interesse social com baixo custo energético no proceso produtivo.

**Keywords:** adobe, soil, alkaline activation, stabilization, water.

## **1 INTRODUÇÃO**

Atualmente a população mundial sofre bastante com a falta de moradias devido aos elevados custos dos materiais de construção industrializados disponíveis no mercado. Além disso, esses insumos necessitam de grandes quantidades de energia no seu processo produtivo e conseqüentemente gerando um número demasiado de resíduos despostos no meio ambiente. Existem algumas técnicas construtivas como alternativa para reduzir esses problemas, entre elas há a construção com terra.

São vários os benefícios do uso da terra como material de construção: disponibilidade; excelente desempenho térmico; absorção e liberação de umidade mantendo o ambiente agradável; poluição mínima e baixo consumo energético; fácil reincorporação com a natureza podendo também com a terra, gerarem-se tecnologias apropriadas (Barbosa e Mattone, 2002; Minke, 2006). Entre as diversas tecnologias que utiliza a terra como matéria prima para construção podemos citar o adobe como a que menos causa impacto ao meio ambiente (Degimenci, 2008; Millogo e Morel, 2012; Barbosa e Ghavami, 2015; Corrêa et al, 2015).

O adobe é uma técnica de construção com terra de fácil produção que consiste na moldagem de uma pasta bastante plástica formada pela mistura de solo argiloso e água, moldado em formas de madeira ou metálica e postos para secagem ao sol (Rogers e Smalley, 1995; Torgal, Eires e Jalali, 2009). Consequentemente devido a grande facilidade de produção e matéria prima abundante, esse material foi utilizado nas primeiras construções e vem sendo até os dias atuais (Torgal, Eires e Jalali, 2009).

Porém, proveniente a falta de queima no seu processo produtivo o adobe tem sua durabilidade reduzida quando exposto a ação da água, sendo necessário a sua estabilização com produtos químicos como Cimento Portland, cal, gesso, soluções betuminosas ou materiais naturais como é o caso do amido de mandioca e a saliva do cupim( Corrêa et al, 2006; Barbosa e Ghavami, 2007; Veiga, 2008; Félix et al, 2015; Corrêa et al, 2015). Uma nova forma de estabilização química é a ativação alcalina ou geopolimerização. Nesse método partículas ricas em sílica e alumina presentes ou adicionadas ao solo reagem em um ambiente de alcalinidade elevada, formando um ligante suplementar de estrutura amorfa.

De origem francesa, a observação realizada pelo professor e pesquisador Joseph Davidovits na década de 70, de difratogramas de um material amorfo de aluminossilicato obtido pelo precursor de caulim e soluções altamente alcalinas de hidróxido de sódio e silicato de sódio, resultou no termo conhecido atualmente como geopolímero, esse nome derivou-se de um pensamento quanto a sua valia tecnológica, onde “Geo”, refere-se à natureza da matéria do material inorgânico e “Polímero”, refere-se a estrutura análoga a de polímeros orgânicos, já que a descoberta surgiu em pesquisas envolvendo polímeros inorgânicos inflamáveis, que servissem de material ligante alternativo em meio a crise energética da época (Davidovits, 1979; Davidovits, 1985; Davidovits, 1987; Davidovits, 1991).

Atualmente diversos materiais servem como precursores geopolimérico, em especial as argilas calcinadas. Como o adobe é composto por solos argilosos ricos em sílica e alumina se torna possível a estabilização desse material por meio da dissolução desses minerais em meio alcalino sem a necessidade de adicionar ao solo algum precursor geopolimérico que tenha elevada durabilidade e valor acessível (Diop e Crutzerck, 2008; Hohsen e Mostafa, 2010; Diop, Crutzerck e Molez, 2011; Oliveira et al, 2014; Slaty et al, 2015).

## 2 OBJETIVO

O presente trabalho tem como objetivo realizar a estabilização do solo caulinitico por meio da ativação alcalina para fabricação de adobes sem a adição de precursores geopoliméricos, com o intuito de melhorar suas características mecânicas e resistência a ação da água.

## 3 METODOLOGIA

Os materiais utilizados nesse estudo foram: solo local (In nature e calcinado), silicato de sódio industrializado ( $\text{Na}_2\text{OSiO}_3$ ), hidróxido de sódio (NaOH), água da rede de distribuição pública. Os ensaios de caracterização dos materiais foram realizados no Laboratório de Ensaios de Materiais e Estruturas (LABEME) da Universidade Federal da Paraíba (UFPB).

### 3.1 CARACTERIZAÇÃO FÍSICA DO SOLO

O solo utilizado tem uma cor levemente amarelada e sua caracterização foi realizada no seu estado físico natural como é sumarizado na tabela 1.

Tabela 1 - Caracterização do solo no estado natural

<b>Granulometria do solo in natura (%)</b>	
Pedregulho (>2,00mm)	3
Areia Grossa (0,06 mm a 2,0 mm)	47
Areia Fina (0,074mm a 0,42mm)	33
Silte + Argila (< 0,002 mm a 0,06 mm)	17
<b>Limites Atterberg (%)</b>	
Limite de liquidez	23,2
Limite de plasticidade	18,7
Índice de plasticidade	11,8

Para que o solo pudesse reagir com as soluções alcalinas o mesmo deve estar com uma granulometria bastante fina. Dessa forma o solo usado passou por um processo de

moagem que modificou sua composição física para otimizar a ativação como pode ser visto na tabela 2, e após esse processo foi peneirado na peneira de nº 325.

Tabela 2 – Finura Blaine de acordo com o tempo de moagem e número de rotações.

Número de rotações x 1000 unid.]	Tempo de moagem [mim]	Finura Blaine [cm <sup>2</sup> /g]
10.0	161	8.974

### 3.2 COMPOSIÇÃO QUÍMICA DO SOLO

Para a realização da caracterização química do solo foram realizados os ensaios de Difração de raio-x (DRX), que identificou que o material usa tem uma grande predominância do argilo mineral caulinita e Fluorescência de raio-x (FRX). Os resultados da caracterização química do solo pode ser visto na tabela 3.

Tabela 3 – Composição química do solo

Composto químico	Solo (%)
SiO <sub>2</sub>	66.045
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	22.361
Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	7.859
TiO <sub>2</sub>	2.844
K <sub>2</sub> O	0.076
CaO	0.167
Na <sub>2</sub> O	0,171
MgO	0.082
Outros	0,569

Geralmente para o processo de ativação alcalina ou Geopolimerização é utilizado uma fonte de sílica (SiO<sub>2</sub>) e alumina (Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>) que é chamada de precursor. Um dos materiais mais utilizados para esse processo é o metacaulim, por apresentar um elevada concentração desses óxidos no seu estado amorfo, dessa forma foi utilizado o solo na forma natural e calcinado. O solo passou por um processo de calcinação à 700° C durante um período de 2 horas.

### 3.3 ÁGUA

Para moldagem dos corpos de prova foi utilizado água da rede distribuidora que abastece a UFPB.

### 3.4 SOLUÇÕES ALCALINAS ( SILICATO DE SÓDIO E HIDRÓXIDO DE SÓDIO)

Foi utilizados silicato de sódio industrializado com relação  $\text{SiO}_2/\text{Na}_2\text{O} = 2,17$  em peso e pH de aproximadamente 13. O hidróxido de sódio era em escamas com concentração de 98% e pH de 13.

### 3.5 MISTURAS

Para a produção das misturas ativada alcalinamente foi utilizado o método abordado sugerido por Davidovits (1982), para gerar os compostos do tipo NaPSS (polissialatosiloxo de sódio) que tem a relação  $\text{SiO}_2/\text{Al}_2\text{O}_3 = 4$ . Este método consiste em preparar uma mistura de alumino-silicatos em solução alcalina, em que a composição da mistura tenha razões molares de óxidos dentro dos valores indicado na tabela 4.

Tabela 4 – Razão molar necessária para a formação de geopolímeros  
Razões molares dos óxidos

$\text{Na}_2\text{O}/\text{SiO}_2$	0.20 a 0.28
$\text{SiO}_2/\text{Al}_2\text{O}_3$	3.50 a 4.50
$\text{H}_2\text{O}/\text{Na}_2\text{O}$	15.00 a 17.50
$\text{Na}_2\text{O}/\text{Al}_2\text{O}_3$	0.80 a 1.20

Para a moldagem das amostras foram elaboradas soluções alcalinas de hidróxido de sódio e silicato de sódio de 10 e 12 mols adicionadas ao solo no estado natural (SN) e solo calcinado (SC). Foram moldados corpos de prova no formato cilíndrico 5 cm x 10 cm. Após 10 minutos do processo de moldagem as amostras eram retiradas dos cilindros e colocadas em um saco plástico para ajudar a conservar a água da mistura e só retirada após 3 dias (Sumajow e Rangan, 2006; Félix et al, 2015) (figura 1). Em seguida eram retiradas e submetidas os processo de cura térmica em estufa eletrônica 65° C e cura ambiente de aproximadamente 28° C.

As proporções dos materiais para a ativação alcalina da terra caulinitica podem ser vistas na tabela 5.

Figura 1 - Corpos de prova cilíndrico de 5 cm x 10 cm e confinamento em saco plástico

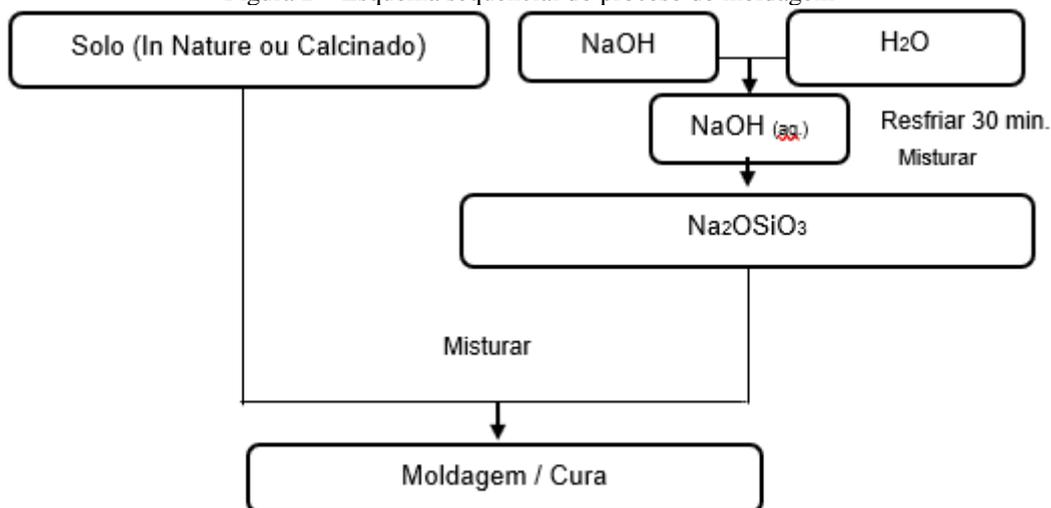


Tabela 5 – Proporções dos materiais para o solo in natura e calcinado para a elaboração de 10 corpos de prova.

Solo in Nature (g)	Molaridade	Ativador alcalino		
		Na <sub>2</sub> O.2SiO <sub>3</sub> (g)	NaOH (g)	Água (%)
SN – 3.400	10 Mols	50	280	20
SN – 3.400	12 Mols	50	340	20
Solo Calcinado (g)	Molaridade	Ativador alcalino		
		Na <sub>2</sub> O.2SiO <sub>3</sub> (g)	NaOH (g)	Água (%)
SC – 3.400	10 Mols	50	280	20
SC – 3.400	12 Mols	50	340	20

O procedimento de moldagem dos corpos de prova pode ser visto na figura 2.

Figura 2 – Esquema sequencial do proceso de moldagem



### 3.6 ENSAIOS DE RESISTÊNCIA À COMPRESSÃO, RESISTÊNCIA À AÇÃO DA ÁGUA, ABSORÇÃO DE ÁGUA E PERDA DE MASSA

Os ensaios de resistência à compressão, resistência à ação da água, absorção e perda de massa foram feitos considerando-se uma adaptação da norma NBR – 8492/12: tijolo maciço de solo – cimento: determinação da resistência à compressão e da absorção de água. A absorção dos corpos de prova foi determinada pela (equação 1) nas amostras nas quais que foi possível determinar seu peso após o ensaio.

$$W = \frac{P_w - P_s}{P_s} \times 100 \quad (1)$$

Onde: W: Absorção de água (%)

$P_w$ . Peso úmido (g)

$P_s$ . Peso seco (g)

A perda de massa foi determinada pela (equação 2).

$$M = \frac{P_1 - P_2}{P_2} \times 100 \quad (2)$$

Onde: M: Perda de massa (%)

$P_1$ . Peso antes do ensaio (g)

$P_2$ . Peso depois do ensaio (g)

## 4 RESULTADOS E DISCUSSÕES

### 4.1 RESISTÊNCIA À AÇÃO DA ÁGUA, ABSORÇÃO E PERDA DE MASSA

Todas as amostras apresentaram um bom desempenho quando submetido ao ensaio de inersão (figura 3). De acordo com Davidovits, 1979; Diop e Crutzerck, 2008 esse fato se deve ao grande potencial de dissolução dos alumino-silicatos presentes no solo caulínico exposto em um meio de alta alcalinidade, dessa forma sintetizando um material mais coeso e de difícil solubilidade em meio aguoso ou ácido.

Os resultados desse ensaio são apresentados na tabela 6.

Figura 3 - Corpos de prova imersos no início do ensaio e ao termino depois de 24 horas.

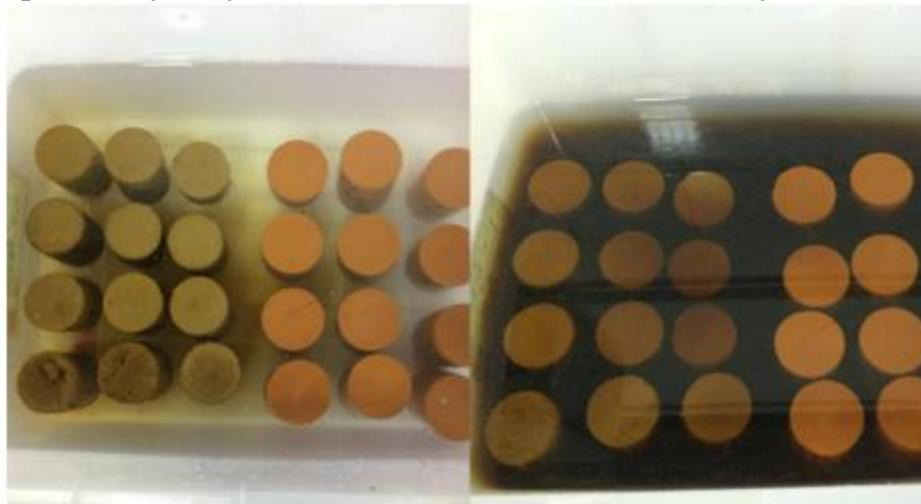


Tabela 6 – Resultados do ensaio de resistência à água, absorção e perda de massa por imersão.

Amostras em cura ambiente 28° C	Peso (g)	Resistência à água	Peso úmido (g)	Peso seco (g)	Peso da água (g)	Absorção de água (%)	Perda de massa (g)	Perda de massa (%)
SN-10 Mols	318,5	SIM	356,1	317	37,6	11,8	1,5	0,48
SN-12 Mols	314,30	SIM	347,7	311	33,4	10,6	3,3	1,06
SC-10 Mols	330,4	SIM	380,4	329,2	50	15,1	1,3	0,38
SC-12 Mols	331,9	SIM	379	328,8	48,1	14,2	3,1	0,93
Amostras em cura elétrica 65°C	Peso (g)	Resistência à água	Peso úmido (g)	Peso seco (g)	Peso da água (g)	Absorção de água (%)	Perda de massa (g)	Perda de massa (%)
SN-10 Mols	303,2	SIM	338,7	300,1	35,5	11,7	3,1	1,02
SN-12 Mols	318,7	SIM	350	314,3	31,3	9,8	4,4	1,40
SC-10 Mols	331,4	SIM	381,7	331,1	50,3	15,2	0,3	0,09
SC-12 Mols	330,5	SIM	375,9	327,9	45,4	13,7	2,6	0,79

Todas as amostras obtiveram resultados de absorção dentro dos valores exigidos pela norma NBR – 8492/12: tijolo maciço de solo – cimento: determinação da resistência à compressão e da absorção de água. As misturas de solo calcinado (SC), apresentaram valores maiores em relação aos do solo natural (SN) devido a sua maior reatividade por apresentar uma maior quantidade de material amorfa em sua composição proveniente do mineral metacaulinitico, que acelera o processo de dissolução dos alumino-silicatos por meio de uma reação exotérmica e consequentemente eliminando a água da mistura de forma mais rápida (Davidovits, 1979).

#### 4.2 RESISTÊNCIA À COMPRESSÃO

Toda as misturas tiveram resistência à compressão com valores superiores as da norma NBR – 8492/12: tijolo maciço de solo – cimento: determinação da resistência à

compressão e da absorção de água, podendo ser usados para fabricação de abodes com função estrutural como pode ser visto na figura 4 e 5.

Figura 4 - Resistência à compressão das amostra de 7 dias (média de 5 corpos de prova)

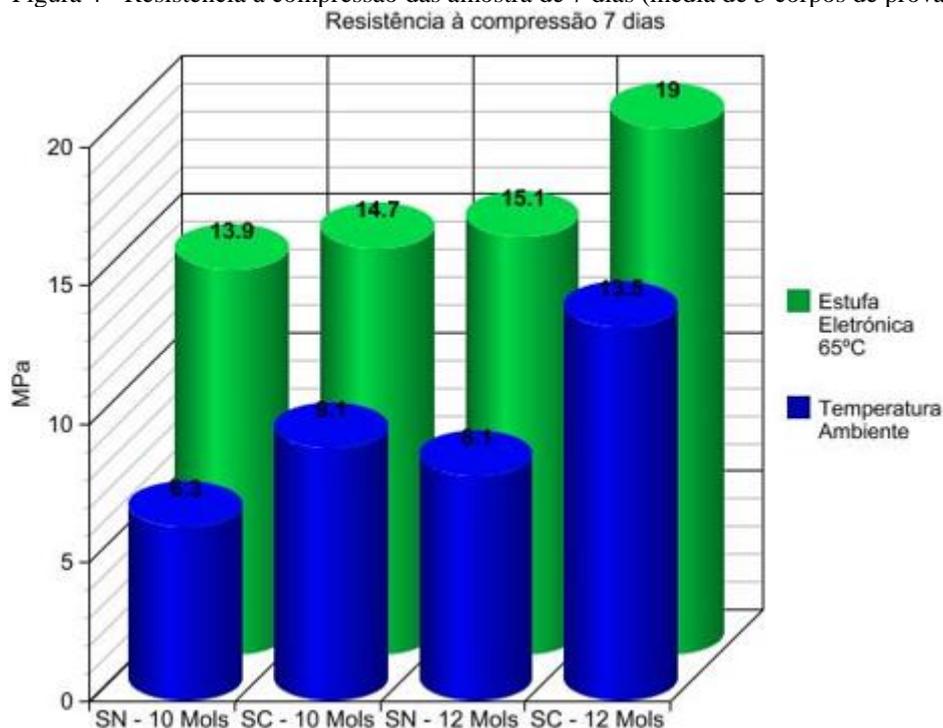
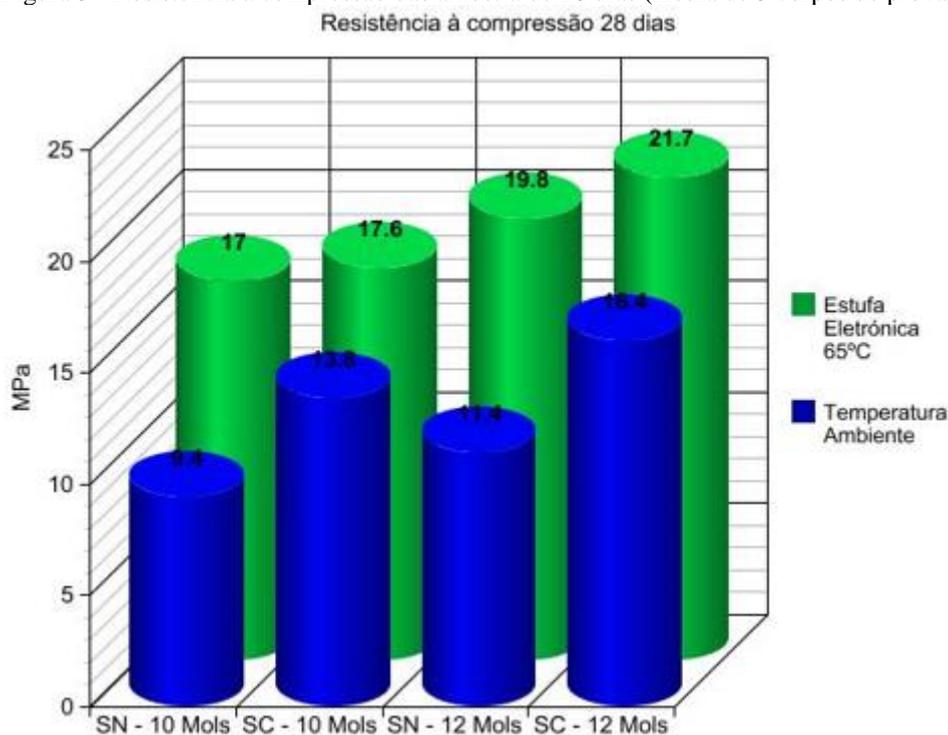


Figura 5 - Resistência à compressão das amostra de 28 dias (média de 5 corpos de prova)



As amostras que obtiveram os melhores resultados foram as curadas em estufa eletrônica, em algumas misturas obtendo um aumento de resistência próximo de 50% em relação as amostras que foram submetidas a cura ambiente, esses resultados são semelhantes aos da literatura sobre ligantes ativados alcalinamente. Outro fator interessante é a evolução da resistência mecânica em relação ao aumento da molaridade da solução, segundo Diop e Crutzerck, 2008; Diop, Crutzerck e Molez, 2011, esse fato se deve ao maior potencial de dissolução da solução alcalina, porém foram registrados nas misturas de 12 mols o surgimento de carbonato de sódio (eflorescência) que a longo prazo é prejudicial para a durabilidade das alvenarias construídas com esse material, de certa forma sendo preferencial o uso das misturas com soluções de 10 mols.

## **5 CONCLUSÕES OU CONSIDERAÇÕES FINAIS**

Neste estudo foi possível identificar o potencial de sintetização do solo caulínico exposto a um meio de alcalinidade elevada para a produção de adobes que podem ser usados para alvenaria de vedação ou estrutural. Para estudos futuros está sendo elaborado misturas onde as soluções tenham uma menor quantidade de NaOH, tendo em vista o aparecimento de carbonato de sódio e o uso do solo caulínico com uma finura mais elevada ou um solo que tenha predominancia de outro argilo mineral.

## REFERÊNCIAS

Associação Brasileira de Normas Técnicas – NBR – 8492: tijolo maciço de solo-cimento: determinação da resistência à compressão e da absorção de água, 2012

Barbosa N. P, Ghavami K. (2007). Terra crua para edificações. São Paulo: IBRACON, 2007, v. 2, p. 1505-1538.

Barbosa, N. P.; Ghavami, K. Earth construction and sustainability. *Key Engineering Materials*. 634 (2015) 433-446.

Barbosa, N. P.; Mattone, R. (2002). Construção com terra crua. I Seminário Ibero-americano de Construção com Terra. Salvador, BA, Anais Proterra/Cyted. Set 2002. Disponível em: [www.passeidireto.com/arquivo/2106795/2-terra-cap-ibracon/11](http://www.passeidireto.com/arquivo/2106795/2-terra-cap-ibracon/11).

Corrêa, A.; Teixeira, V.; Lopes, S.; Oliveira, M. (2006) Avaliação das Propriedades Físicas e Mecânicas do Adobe (Tijolos de Terra Crua). Lavras 30, pp. 503-515.

Corrêa, A.A.R.; Mendes, L.M.; Barbosa, N.P.; De paula prtásio, T. De aguiar campos, N. Tonoli, G.H.D. Incorporation of bamboo particles and "synthetic termite saliva" in adobes. *Construction and Building Materials*. 98 (2015) 250-256.

Davidovits, J. Synthesis of new high-temperature geo-polymers for reinforced plastics/composites. *Annual Pacific Technology Conference Thecnical Displays*, 4: 151-154 (1979).

Davidovits, J.; Courtois, L. D.T.A. detection of intra-ceramic geopolymeric setting in archaeological ceramics and mortars. *Abstracts of papers 21st Symposium on Archaeometry*, (1981) p.22 New York.

Davidovits, J. Mineral polymers and methods of making them. US Patent 4.349.386 (1982). 14 Set 1982. Disponível em: < <http://www.google.com/patents/US4349386>>.

Davidovits, J. Ancient and modern concretes: What is the real difference? *Concrete International*, v. 9, nº 12, p. 23-35, Dezember 1987.

Davidovits, J. Geopolymers: inorganic polymeric new materials. *Journal of Thermal Analysis* 37, 1633 (1991).

Degirmenci, N. The using of waste phosphogypsum and natural gypsum in adobe stabilization. *Construction and Building Materials* 22 (2008) 1220–1224.

Diop, M. B.; Crutzerck, M. W. Low temperature process to create brick. *Construction and Building Materials* 22 (2008) 1114–1121.

Diop, M. B.; Crutzerck, M. W.; Molez, I. Comparing the performances of bricks made with natural clay and clay activated by calcination and addition of sodium silicate. *Applied Clay Science* 54 (2011) 172–178.

Félix, A.S.; Fereirra, P.R.L.; Barbosa, N.P.; Ghavami, K. Estabilização Alcalina de Adobes. 15º Seminario Iberoamericano de Arquitectura y Construcción con Tierra – SIACOT 2015. Cuenca, Ecuador, set 2015.

Hohsen, Q., Mostafa, N. Y. Investigating the possibility of utilizing low kaolinitic clays in production of geopolymer bricks. *Ceramics – Silikáty* 2010, 54 (2), 160-168.

Millogo, Y.; Morel, J.C. Microstructural characterization and mechanical properties of cement stabilized adobes. *Materials and Structures* (2012) 45:1311–1318.

Minke, G. (2006) *Building with Earth, Design and Technology of a Sustainable Architecture*. Birkhäuser – Publishers for Architecture, Basel- Berlin-Boston.

Oliveira, L.S.; Barbosa, N.P.; Carvalho, C.M.; Santos F.S. Stabilization of raw earth through alkaline activation. *Key Engineering Materials* 2014,600, 215-224.

Rogers, C.D.F.; Smalley, I.J. The Adobe Reaction and the Use of Loess Mud in Construction. *Construction and Building Materials* 40 (1995) 137-138.

Slaty, F.; Khoury, H.; Rahier, H.; Wastiels, J. Durability of alkali activated cement produced from kaolinitic clay. *Applied Clay Science* 104 (2015) 229–237.

Sumajow, M; Rangan, B. (2006) Low-calcium fly ash-based geopolymer concrete: Reinforced beams and columns. Research Report GC, Curtin University of Technology, Perth, Australia.

Torgal, F. P.; Eires, R. M. G.; Jalali, S. (2009) *Construção em Terra*. Guimarães: Editora TecMinho.

Veiga, L.F.M. Caracterização físico-química de adobes estabilizados com amido de mandioca. 2008. Dissertação de mestrado na Rede Temática em Engenharia de Materiais. UFOP.