

# RELAÇÃO ENTRE MANIFESTAÇÕES PATOLÓGICAS E AS PROPRIEDADES DO SOLO: Estudo de Caso em Casas Populares de Serra Talhada-PE

## RELATIONSHIP BETWEEN PATHOLOGICAL MANIFESTATIONS AND SOIL PROPERTIES: A Case Study in Popular Homes in Serra Talhada-PE

Fabiano Mailson Limeira Lopes<sup>1</sup>, Jaily Moreira Xavier<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Faculdade de Integração do Sertão – FIS, Serra Talhada-PE, Brasil.

### Resumo

Manifestações patológicas foram detectadas em algumas casas do Programa Minha Casa Minha Vida (PMCMV) localizadas no bairro Vila Bela, no município de Serra Talhada-PE, motivando assim a investigar as possíveis causas do aparecimento desses problemas existentes nessas residências populares. O objetivo deste trabalho foi determinar, por meio de análises de laboratório, as possíveis relações das propriedades do solo com as manifestações patológicas encontradas na alvenaria das residências. Para tanto, foi realizado um inspecionamento técnico *in loco* na casa que visualmente apresentou maior índice de anomalias construtivas, na qual foram coletadas amostras de solo indeformada e deformada para a realização de ensaios de caracterização, de adensamento, de expansão e de colapso, com a finalidade de obter informações mais detalhadas sobre o real comportamento desse solo na presença de umidade. Na análise dos resultados, percebeu-se que se tratava de uma areia-argilosa, pouco porosa e com baixo índice de vazios, diminuindo assim a sua capacidade de compressibilidade e consequentemente influenciando na sua baixa expansividade e baixa colapsividade. A caracterização das patologias encontradas serviu para demonstrar os principais fatores que influenciaram para a investigação das possíveis causas do aparecimento desses problemas e as possíveis soluções técnicas mais viáveis para se combater essas patologias construtivas.

**Palavras-chave:** Interação Solo-Estrutura. Investigação Geotécnica. Patologias na Alvenaria.

### Abstract

Pathological manifestations were detected in some houses of the Minha Casa Minha Vida Program (PMCMV) located in the Vila Bela neighborhood, in the municipality of Serra Talhada-PE, thus motivating to investigate the possible causes of the appearance of these problems existing in these popular houses. The objective of this work was to determine, through laboratory analysis, the possible relationships between soil properties and pathological manifestations found in the masonry of residences. For this purpose, a technical inspection was carried out *in loco* in the house that visually showed a higher rate of constructive anomalies, in which undisturbed and deformed soil samples were collected to carry out characterization, densification, expansion and collapse tests, with the purpose of obtaining more detailed information about the real behavior of this soil in the presence of moisture. In the analysis of the results, it was noticed that it was a clayey sand, little porous and with a low void rate, thus decreasing its compressibility capacity and consequently influencing its low expansivity and low collapsivity. The characterization of the pathologies found served to demonstrate the main factors that influenced the investigation of the possible causes of the appearance of these problems and the possible most viable technical solutions to combat these constructive pathologies.

**Key words:** Soil-Structure Interaction. Geotechnical Research. Pathologies in Masonry.

## Introdução

As manifestações patológicas são problemas recorrentes em diversos tipos de construções, principalmente em casas de baixo padrão, pois são obras que se adequam ao perfil de construções econômicas, na qual se encaixam as residências populares inauguradas no ano de 2013, no bairro Vila Bela em Serra Talhada-PE, do Programa Minha Casa Minha Vida (PMCMV) do Governo Federal. O PMCMV foi implantado no ano de 2009, contemplando com moradia própria várias famílias de baixa renda da faixa 1 (um) com renda bruta familiar de até R\$ 1800,00 reais para estar inserido nessa modalidade do programa, composta por residências unifamiliares de pavimento térreo.

Essas obras possuem planejamento orçamentário previamente fixado por tabelas da base de dados do Sistema Nacional de Pesquisa de Custo e Índices da Construção Civil (SINAPI) do respectivo período em que a empreiteira responsável pela execução fechou o contrato de licitação pública. Sendo assim, utilizam-se essas planilhas para estimar os quantitativos de materiais necessários para a obra. Contudo, devido ao alto quantitativo de casas, mão de obra que nem sempre é qualificada e a provável utilização incorreta da dosagem dos materiais das residências mencionadas, falhas no processo construtivo podem ocorrer e essas refletem diretamente em manifestações patológicas.

Dessa forma, possíveis erros ocorridos no processo construtivos podem gerar deformações inesperadas na interação solo-estrutura, que, segundo Cintra, Aoki e Albiero (2011), é “pelo princípio da ação e reação que essa interação gera uma tensão, a qual é aplicada no solo pela sapata. Sendo assim, o elemento isolado de fundação caracteriza um sistema sapata-solo” formado pelo elemento estrutural (a sapata) e pelo elemento geotécnico (maciço de solo). Dessa maneira, sempre vai existir essa conexão e espera-se que esse conjunto trabalhe de forma harmônica. O solo deve ter resistência suficiente para suportar toda a carga da sapata, pois uma boa fundação é aquela que suporta as cargas da estrutura com eficiência, sem acarretar em recalques significativos, adequando-se aos fatores topográficos existentes e aos tipos de solos e sem afetar a integridade das construções vizinhas.

Os recalques são deformações excessivas no solo, provocando assim uma movimentação na fundação, podendo causar sérios danos à superestrutura e até mesmo o seu colapso total. As 3 classificações de deformações são: a elástica, por escoamento lateral e por adensamento, além dessas usam-se outros métodos de previsão de recalques divididos em 3 tipos de categorias: racionais, semiempíricos e empíricos (VELLOSO E LOPES, 2010).

Esse comportamento expresso na estrutura depende tipo de solo encontrado, nos quais os mais comuns encontrados em problemas de recalque de fundações são os muito compressíveis, os colapsíveis e os expansivos. Os solos muito compressíveis possuem uma baixa resistência ao cisalhamento que está associada à baixa resistência à penetração estática. Já os solos colapsíveis são como o próprio nome expressa, sua principal característica é a rápida redução de volume na presença de umidade excessiva, ocasionando um rebaixamento inesperado por causa da perda brusca da resistência, que pode resultar em recalques das fundações sobre eles construídas. Já os expansivos reagem de maneira completamente diferente do colapsível, pois no momento da saturação há um aumento de volume, levando em consideração o limite de pressão de expansão que influencia na contração do solo, erguendo a fundação e causando vários problemas estruturais (PINTO, 2006).

Na prática, conforme Queiroz (2013), os vícios construtivos, como a não observação dos detalhes dos memoriais descritivos, fugindo até das normas técnicas que prezam pelas boas condições de segurança e habitabilidades dos imóveis, podem ser os principais causadores de inúmeros problemas, tais como a redução do tempo de vida útil. Observou-se que no período aproximado de ano após a conclusão das obras do PMCMV das casas do bairro Vila Bela no município de Serra Talhada-PE algumas residências apresentaram patologias. Na busca de compreender os motivos que podem ter provocado tais patologias nas casas, esta pesquisa tem o objetivo de estudar como as propriedades do solo, como a compressibilidade, o colapso e a expansão, podem estar relacionadas com as manifestações patológicas.

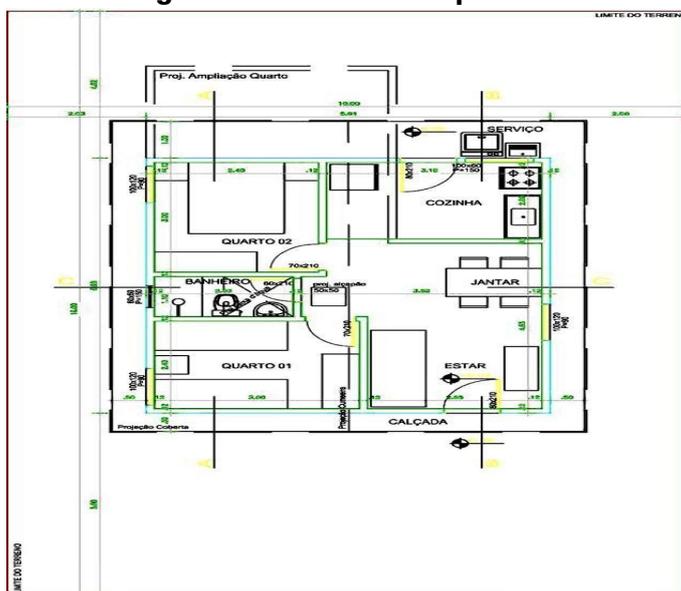
## Materiais E Métodos

Para a realização dessa pesquisa, teceram-se análises e coletas de solo em campo, tais como a averiguação das possíveis causas das patologias apresentadas nas casas populares, de acordo a NBR 15575 / 2013, que estabelece condições mínimas de desempenho e habitabilidades desses imóveis. Sendo assim, escolheu-se a residência que apresentou visualmente o maior índice de anomalias construtivas.

### LOCAL DE ESTUDO

O Local onde foi realizado o estudo está situado no bairro Vila Bela, em Serra Talhada-PE, composto por 1594 residências populares localizadas às margens da BR-232, quilômetro 417. As casas do conjunto habitacional possuem dimensões de 6 metros de largura por 7 metros de comprimento, totalizando uma área construída de 42 m<sup>2</sup>. Cada lote possui 10 metros de frente por 16 metros de fundos, sendo cada residência composta por dois quartos, um banheiro, sala, cozinha e área de serviço externa. A Figura 1 dispõe da planta baixa padrão.

Figura 1 – Planta baixa padrão.



Fonte: PREFEITURA DE SERRA TALHADA-PE - (2011).

### CARACTERIZAÇÃO DO SOLO

Nessa fase foram coletadas amostras *in loco* e levadas para o laboratório para a realização de ensaios de acordo com os passos listados a seguir:

- Coleta de amostra de solo indeformada e deformada (NBR 9604/2016);
- Relatório fotográfico das patologias existentes na casa;
- Ensaios de caracterização: análise granulométrica (NBR 7181/2018), massa específica dos grãos (NBR 6458/2017), e limites de consistência (NBR 6459/2017 e NBR 7180/2018);
- Classificação do tipo solo (NBR 6502/1995 e NBR 7250/2001);
- Análise da compressibilidade do solo - Ensaio de adensamento (NBR 12007/2015);
- Ensaio de expansão (BANDEIRA, A. P. et al. 2017);
- Ensaio de colapso (BANDEIRA, A. P. et al. 2017);
- Coleta dos dados adicionados em planilhas;
- Geração de tabelas e gráficos;

No momento da coleta do bloco de solo seguiu-se o que estabelece a NBR 9604/2016. Para seu ideal acondicionamento, deve-se manter as propriedades físicas, químicas e biológicas do solo natural retirado e logo após devem ser levados para análise em laboratório. Em razão disso, na etapa anterior à escavação foi realizada uma inspeção prévia *in loco* para saber a real

profundidade da fundação da residência escolhida para o estudo de acordo a NBR 6122/2019, verificando assim uma profundidade de 0,4 metros abaixo do nível do terreno, para que fosse feita a moldagem do bloco de solo com dimensões cúbicas de 0,3 metros de cada lado logo após ter realizado a escavação.

### ENSAIOS EDMÉTRICOS

Os ensaios edométricos foram realizados com amostra indeformada do solo. As amostras foram moldadas em um anel cilíndrico (Tabela 1) e ensaiadas em uma prensa de adensamento do tipo Bishop.

**Tabela 1 – Dados do anel cilíndrico**

Anel de Alumínio Cilíndrico Utilizado		
Número	Nº	2
Diâmetro	D(cm)	7,96
Área	A(cm <sup>2</sup> )	49,764
Altura	L(cm)	2,02
Volume	V(cm <sup>3</sup> )	102,02

Fonte: Autor, 2021.

Para a realização dos ensaios edométricos foi necessário coletar três amostras de solo sendo a amostra 1 com umidade natural, a amostra 2 com inundação e a amostra 3 com inundação na tensão aplicada pela casa. Para tanto, foi preciso saber qual é a carga que a casa popular de 42 m<sup>2</sup> transfere para o solo, para isso, foram utilizadas tabelas de cargas encontradas na NBR 6120/2019, que mostra as cargas de cada componente da casa. Por meio dos cálculos encontrou-se os valores apresentados na Tabela 2.

**Tabela 2 – Cargas por componentes da casa**

COMPONENTE	CARGA
Alvenaria	19500 kgf
Telhado	2940 kgf
Forro de gesso	600 kgf
Caixa d` água	560 kgf
<b>TOTAL</b>	<b>23600 kgf</b>

Fonte: Autor, 2021.

De acordo a Tabela 2, a carga total mínima transferida diretamente para o solo em análise foi de 23600 kgf, então para se descobrir a tensão efetiva em kPa será necessário utilizar a Equação 1:

Onde:

$$\sigma = (F \times G)/A \tag{1}$$

$\sigma$  = Tensão vertical efetiva no solo (KPa)

F = Força vertical total aplicada pela casa (Kgf)

G = Aceleração da gravidade (9,8 m/s<sup>2</sup>)

A = Área de contato da casa com o solo (m<sup>2</sup>)

Substituindo os valores na Equação 1, obteve-se a tensão efetiva no solo transferida pela residência popular em estudo em torno de 60 KPa. O cálculo do potencial de colapso do solo através da Equação 2.

Onde:

$$PC (\%) = \frac{ec - ei \cdot 100}{1 + e0} \quad (2)$$

ec = Índice de vazios e deformação após a inundação  
 ei = Índice de vazios e deformação antes da inundação  
 0 = índice de vazio e deformação inicial

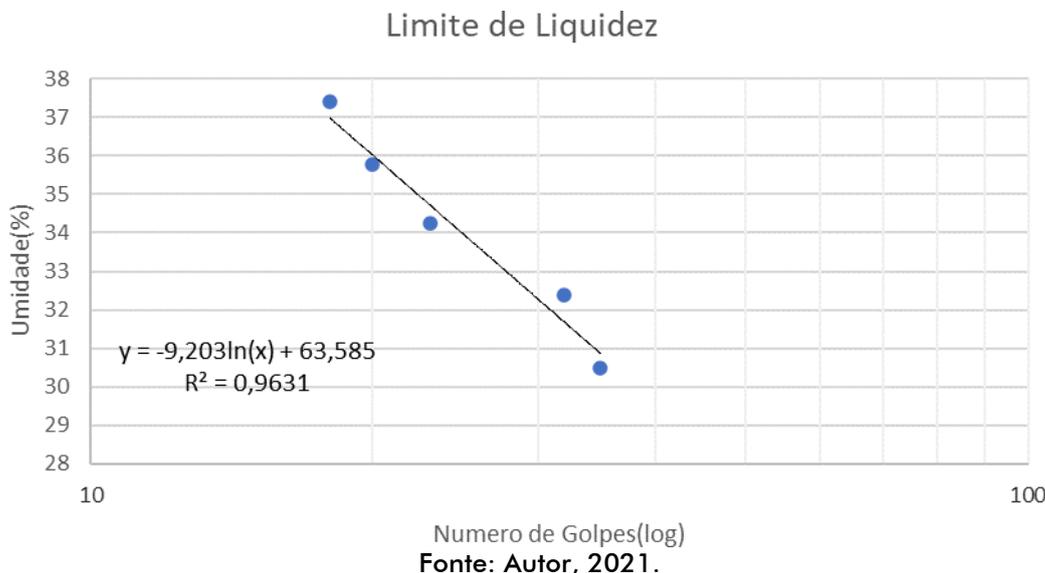
## Resultados e Discussão

Partindo da metodologia estabelecida no item anterior para as análises de amostras de solo em laboratório, os resultados obtidos são demonstrados através de gráficos, de curvas comparativas e tabelas de resultados.

### CARACTERIZAÇÃO DO SOLO

O Gráfico 1 apresenta o resultado do ensaio de limite de liquidez (LL) que estabelece o nível de umidade do solo em estudo determinando assim a consistência do solo na presença de água. O valor do LL graficamente foi de 34%, significando que o solo possui um teor líquido médio na presença da água.

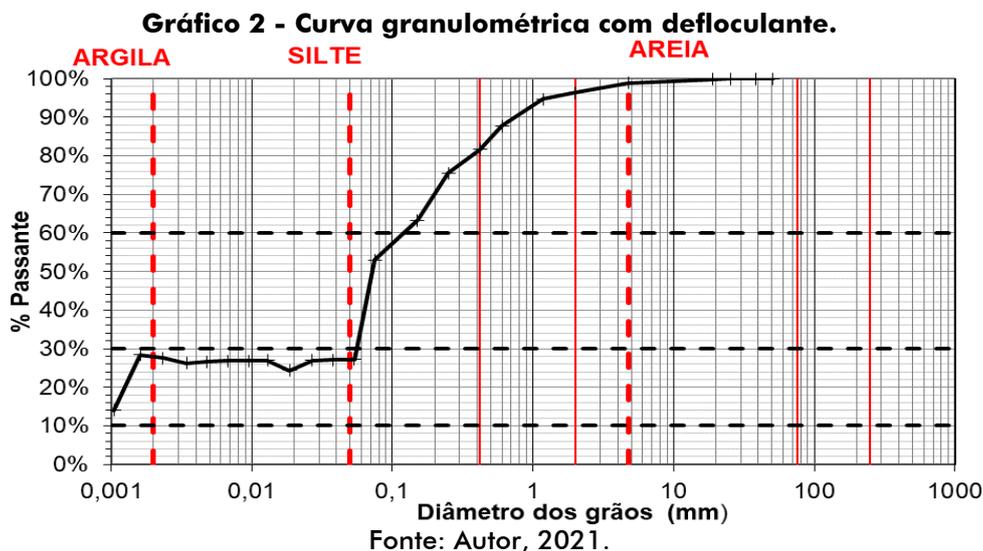
**Gráfico 1 - Relação da Umidade x Número de Golpes.**



O resultado do ensaio de limite de plasticidade foi de 23 %. Os valores dos limites encontrados são característicos de solos finos. O índice de plasticidade encontrado foi de 11%, estando dentro do intervalo de 7% < IP < 15% que determina ser um solo de plasticidade média.

Os resultados dos ensaios de granulometria com defloculante podem ser observados no Gráficos 2. A curva do ensaio sem defloculante se encontra no Apêndice C.

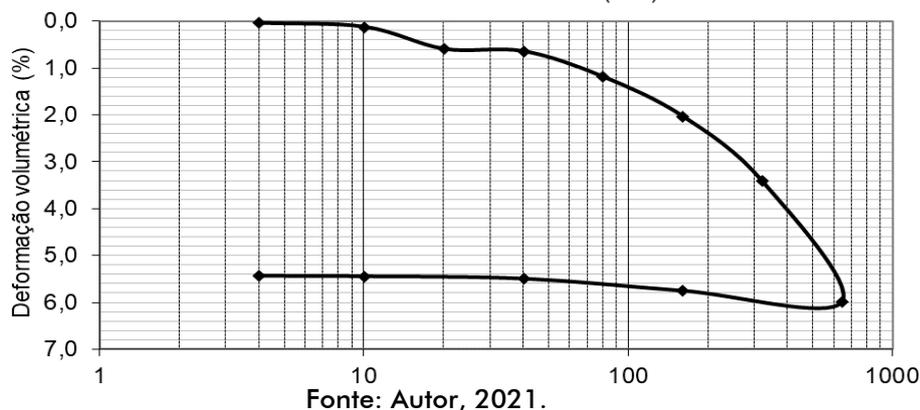
Analisando a curva com defloculante, observa-se um percentual de 68% de areia, 27% de argila, 3% de silte, e 2% de pedregulho. A partir dos resultados obtidos nos ensaios de caracterização é possível classificar o solo de acordo com o Sistema Unificado de Classificação do Solo (SUSC), como uma "areia-argilosa", comprovando assim o observado em ensaios de laboratório, que visualmente percebeu-se uma presença significativa de areia no peneiramento fino e por sua principal característica de rápida perda de umidade típico de solos com maior teor de areia.



### ENSAIOS EDMÉTRICOS

O Gráfico 3 apresenta a curva de adensamento do solo estudado (amostra 1) e na Tabela 3 são mostrados os parâmetros de compressibilidade calculados a partir dos dados obtidos no Gráfico 3, demonstrando o início da tensão de carregamento a 4 kPa e a tensão final de adensamento foi de 960 kPa determinando assim o intervalo do índice de compressão e dando início ao intervalo de expansão da etapa de descarregamento até a carga de 4 kPa.

**Gráfico 3- Curva de Tensão vertical efetiva x deformação solo natural.**  
Tensão Vertical Efetiva (kPa)



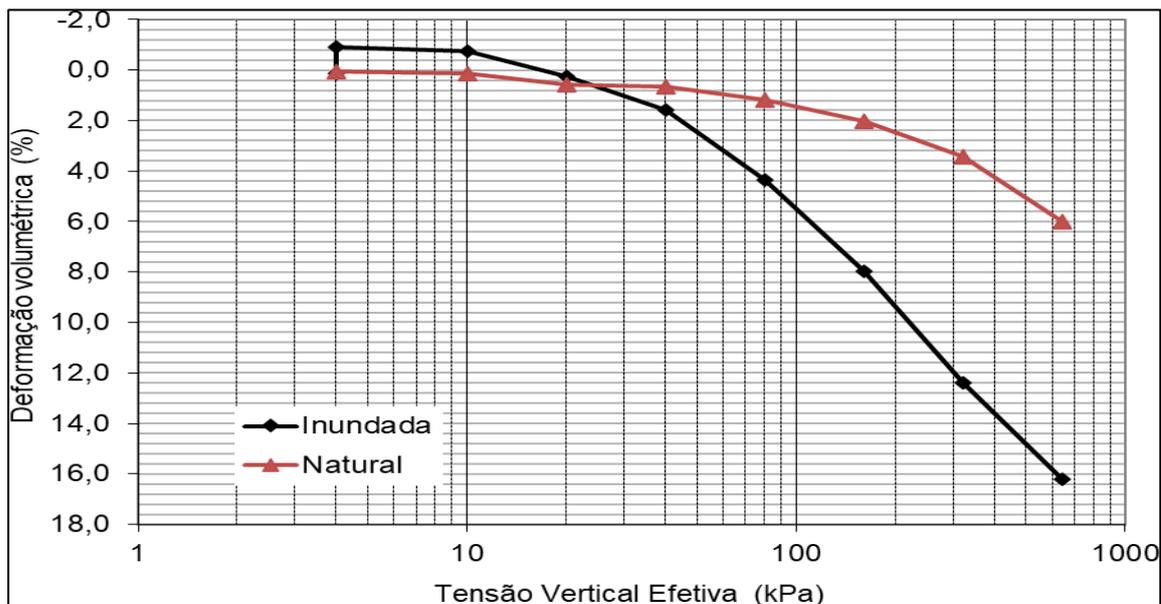
**Tabela 3 - Parâmetros de compressibilidade da amostra (1) do solo**

Tipos de parâmetros	Valor correspondente
Umidade inicial do solo	7,04 %
Índice de vazios inicial	0,58
Tensão de pré-adensamento	4 KPa
Índice de compressão	0,030
Índice de Expansão	0,005

Fonte: Autor, 2021.

O Gráfico 4 apresenta as curvas para ensaios realizados com a amostra natural e a amostra inundada. Percebe-se, observando a curva da amostra 2, inundada a partir 4 kPa, que houve uma pequena expansão nessa tensão equivalente de 3%, o que não caracteriza que este solo seja expansivo, pois de acordo com o critério de Cuellar (1978) só para a expansão livre acima de 10% pode ser considerado como um solo pouco expansivo. Ao comparar as curvas das duas amostras (natural e inundada), percebe-se pouca diferença para tensões baixas, porém para tensões a partir de 100 kPa, a diferença entre as curvas se torna maior, obtendo um potencial de colapso para a tensão de 60 kPa de 1,90% para essa curva comparativa.

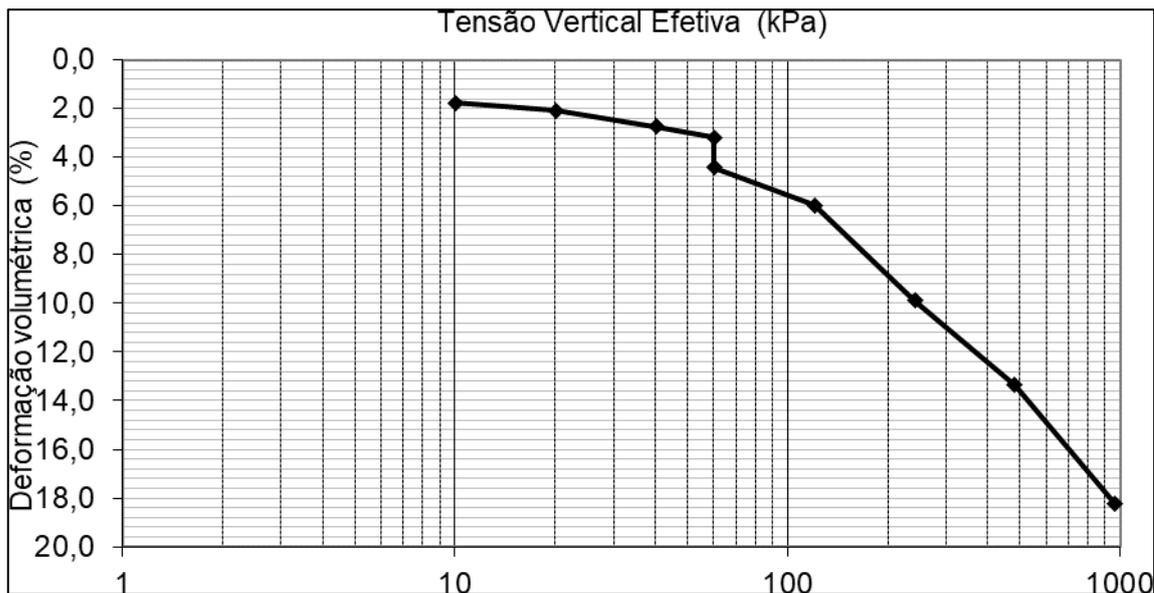
**Gráfico 4 – Curva solo natural x inundado a tensão de 4 Kpa**



Fonte: Autor, 2021.

O Gráfico 5 apresenta o resultado da amostra 3, inundada na tensão de 60 KPa.

**Gráfico 5– Curva de Tensão vertical efetiva x deformação solo Inundado a 60 KPa.**



Fonte: Autor, 2021.

Sendo  $e_c = 0,56$ ,  $e_i = 0,59$  e  $e_0 = 0,62$ , obteve-se um potencial de colapso do solo para inundação conforme a tensão efetiva aplicada pela casa de 60 kPa foi de 1,85% que é classificado, de acordo com o critério de Vargas (1978), que considera o solo colapsível quando apresenta uma deformação de colapso sendo maior de 2%, como não colapsível.

Desta forma, visto que o solo possui compressibilidade baixa, não é expansivo e nem colapsível, pode-se inferir que as manifestações patológicas presentes na casa estudada não estão relacionadas com deformações do solo provocadas por tais propriedades. Logo, as causas podem ser outras, podendo ser determinadas a partir da caracterização das patologias encontradas *in loco*.

### CARACTERIZAÇÃO DAS PATOLÓGIAS ENCONTRADAS

A caracterização das patologias encontradas seguiu os princípios de desempenho habitacional da NBR 15575-1/2013. Dentre as patologias encontradas na alvenaria externa da

residência, uma delas pode ser classificada de acordo os parâmetros estabelecidos pela NBR 9575/2010 como uma fenda, por ter abertura de mais de 1,5 mm, como mostra a Figura 2.

**Figura 2 – Medição da fenda na alvenaria**



Fonte: Autor, 2021.

Observando a Figura 3, percebe-se uma deterioração acentuada de vários cômodos da casa, colocando em risco a habitabilidade e a saúde de seus moradores, necessitando assim de reparo para que se obtenha novamente as boas condições de morada nessa residência. (SILVA E CABEDA, 2006).

Conforme os resultados encontrados para esse tipo de residência em estudo com carga estimada de 60 kPa transferida para a sua fundação, foi verificado uma provável isenção da influência do solo no aparecimento dessas patologias, manifestadas principalmente em forma de rachaduras e fendas. Sendo assim, cogita-se a possibilidade dessas anomalias estarem relacionadas com a provável falta de elementos construtivos como vergas e contra-vergas, que são de fundamental importância para se evitar esse tipo de problema na alvenaria. Já no caso do deslocamento do forro de gesso, este certamente pode estar relacionado com a falta de juntas de dilatação em todo o seu perímetro, assim como a infiltração na parede do banheiro pode estar relacionada com a falta de impermeabilização desse ambiente.

**Figura 3 – Infiltração e desagregação da pintura**



Fonte: Autor, 2021.

## Considerações Finais

A investigação geotécnica do solo foi de suma importância para o esclarecimento do surgimento das anomalias construtivas existentes na casa popular escolhida, pois o respectivo estudo de caso contribuiu para o aprofundamento do conhecimento das propriedades do solo e o seu comportamento na presença excessiva de umidade, determinando os parâmetros de compressibilidade, colapso e expansão do solo.

De acordo com os dados obtidos das amostras de solo coletadas em campo e analisadas por meio de ensaios em laboratório, constatou-se que as prováveis causas desses problemas não estão relacionadas com o solo, mas podem estar relacionadas a falhas no processo construtivo que refletiram principalmente em forma de manifestações patológicas, as quais podem até inviabilizar as condições de morada das residências populares.

Portanto, as possíveis soluções técnicas sugeridas para combater as patologias encontradas nessas casas populares são a implantação de um reforço estrutural em torno das portas e janelas para se evitar o reaparecimento de rachaduras e fendas. Junto a isso indica-se a substituição por completo do forro gesso, adequando-se aos padrões de espaçamentos de juntas de dilatações e, em conjunto, deve-se fazer também a retirada do reboco do banheiro e das áreas comprometidas pela infiltração para a colocação de impermeabilizantes junto à nova argamassa de reboco a ser aplicada na alvenaria.

## Referências

ABNT- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 6120: Ações para cálculos de estruturas de edificações.** ed. Rio de Janeiro. 2019.

\_\_\_\_\_. **NBR 9604: Determinação de amostras deformadas e indeformadas de solo.** ed. Rio de Janeiro. 2016.

\_\_\_\_\_. **NBR 12007: Ensaio de adensamento unidimensional.** ed. Rio de Janeiro, 2015.

\_\_\_\_\_. **NBR 15575-1: Edificações habitacionais- desempenho- Requisitos gerais** ed. Rio de Janeiro. 2013.

\_\_\_\_\_. **NBR 6458: Grãos de pedregulho retidos na peneira 4,8 mm determinação da massa específica.** ed. Rio de Janeiro. 2017.

\_\_\_\_\_. **NBR 9575: Impermeabilização.** ed. Rio de Janeiro. 2010.

\_\_\_\_\_. **NBR 7250: Identificação e descrição de amostras de solos.** ed. Rio de Janeiro. 2001.

\_\_\_\_\_. **NBR 6122: Projeto e Execução de Fundações.** ed. Rio de Janeiro, 2019

\_\_\_\_\_. **NBR 6502: Rochas e solos.** ed. Rio de Janeiro. 1995.

\_\_\_\_\_. **NBR 7180: Solo – Determinação do limite de plasticidade.** ed. Rio de Janeiro. 2016.

\_\_\_\_\_. **NBR 6459: Solo - Determinação do limite de liquidez.** ed. Rio de Janeiro. 2017.

\_\_\_\_\_. **NBR 7181: Solo – Análise Granulométrica.** ed. Rio de Janeiro. 2018.

BANDEIRA, A. P.; SOUZA NETO, J. B.; GUILHERME, L. C.; CHAVES, A. M. M.; LIMA, D. R. **Estudo de solos colapsíveis e expansivos nas regiões do Cariri e do Vale do São Francisco.** Relatório do Projeto CNPq Universal. 2017.

CAIXA ECONOMICA FEDERAL. **Sistema nacional de pesquisa de custos e índices da construção civil.** Disponível, em: <https://www.caixa.gov.br/poder-publico/modernizacao-gestao/sinapi> Acesso em 25 Mai 2021.

CINTRA, J C A.; AOKI, N; ALBIERO, J H. **Fundações diretas: projeto geotécnico.** São Paulo: Oficina de textos, 2011. 21 p.

CUELLAR, V. **Análisis Crítica de los Métodos Existentes para el Empleo de Arcillas Expansivas em obras de Carreteras y Recomendaciones Sobre las Técnicas Más Idóneas Para se Uso habitual en España** Laboratório del Transporte y Mecanica del suelo, Madrid. 1978.

MINISTÉRIO DO DESENVOLVIMENTO REGIONAL. **Programa Minha Casa Minha Vida.** Disponível, em: <https://www.gov.br/mdr/pt-br/assuntos/habitacao/> minha-casa-minha-vida em Acesso em 27 Mai 2021.

PINTO, C. S. **Curso básico de mecânica dos solos em 16 aulas.** 3. ed. São Paulo: Oficina de Textos, 2006.

QUEIROZ, M. A. M. **Inteligência arquitetônica; o ato de criação do projeto revisto através de uma cognição inventiva.** Tese de Doutorado. Editora Universidade Federal da Bahia-UFBA, Salvador. 2013

SERRA TALHADA (PERNAMBUCO). **Prefeitura Secretaria de Obras.** Projeto Arquitetônico do Loteamento Poço da Cruz (Vila Bela). 2011.

SILVA, A. J. N; CABEDA, M. S. V. **Compactação e compressibilidade do solo sob sistemas de manejo e níveis de umidade.** Tese de Doutorado editora Universidade Federal do Rio Grande do Sul-UFRGS, Porto Alegre. 2006.

VARGAS, M. **Introdução à Mecânica dos Solos.** São Paulo: McGRAW -HILL do Brasil, Vol.1, 1978.

VELLOSO, D A; LOPES, F R. **Fundações: critérios de projeto, investigação do subsolo, fundações superficiais e fundações profundas.** São Paulo: Oficina de Textos, 2010. P. 25.

Recebido em: 20/08/2021

Aprovado em: 15/09/2021