



## CORRELAÇÃO ENTRE TESTES DE CAMPO E ENSAIOS LABORATORIAIS PARA CARACTERIZAÇÃO DE SOLOS

Carol Cardoso Moura Cordeiro<sup>1</sup>, Caio Augusto Barbosa de Campos<sup>2</sup>, Douglas Queiroz Brandão<sup>3</sup>, Luciane Cleonice Durante<sup>4</sup>, Ivan Julio Apolônio Callejas<sup>5</sup>

<sup>1</sup>Faculdade de Engenharia da Universidade Federal de Mato Grosso, Cuiabá, Mato Grosso, Brasil, [carolcardoso.eng@gmail.com](mailto:carolcardoso.eng@gmail.com)

Faculdade de Arquitetura, Engenharia e Tecnologia da Universidade Federal de Mato Grosso, Cuiabá, Mato Grosso, Brasil, <sup>2</sup>[caioabcampos@gmail.com](mailto:caioabcampos@gmail.com); <sup>3</sup>[douglas.brandao@gmail.com](mailto:douglas.brandao@gmail.com); <sup>4</sup>[luciane.durante@hotmail.com](mailto:luciane.durante@hotmail.com); <sup>5</sup>[ivanallejas1973@gmail.com](mailto:ivanallejas1973@gmail.com)

**Palavras-chave:** caracterização geotécnica, ensaios expeditos, solo tropical

### Resumo

Os percalços ambientais associados à construção civil moderna e o fomento contemporâneo em busca de sustentabilidade tem oportunizado o retorno ao uso de materiais como a terra. Todavia, para que seja empregada para fins de engenharia, faz-se necessário o estudo prévio de algumas propriedades do solo, condicionantes para o bom desempenho dos sistemas construtivos. Nesse contexto, o objetivo deste artigo é realizar ensaios de caracterização física de uma amostra de solo localizado no centro-oeste brasileiro, em duas fases: de acordo com as normas brasileiras pertinentes e de acordo com testes de campo, visando a validação dos ensaios de campo. A metodologia aplicada foi de natureza experimental, a partir de uma amostra de solo coletada no município de Cuiabá, estado de Mato Grosso. Foram realizados, primeiramente, os seguintes ensaios de campo: sedimentação, teste de queda, rolo, fita, cordão e resistência seca. Posteriormente, foram realizados ensaios de caracterização geotécnica para determinação do teor de umidade higroscópica, composição granulométrica, limites de consistência, massa específica dos grãos e compactação Proctor normal. Os resultados obtidos foram correlacionados, validando os testes de campo pelos ensaios laboratoriais geotécnicos quanto a granulometria e a plasticidade. Entretanto, a determinação do teor de umidade ótimo de compactação apresentou uma discrepância de 2,2%. Quanto as possíveis classificações do solo, obteve-se areno-siltoso e areno-argiloso para o teste de fita e teste do cordão e, argilo-siltoso, argilo-arenoso ou areno-argiloso para o teste de resistência seca, tornando-os inconclusivo. Conclui-se que é recomendada a realização do ensaio normalizado para a determinação do teor de umidade ótima e massa específica seca máxima, posto que estas características possuem especial importância na resistência e durabilidade da construção em terra.

### 1 INTRODUÇÃO

Os percalços ambientais associados à construção civil moderna e o fomento contemporâneo em busca de sustentabilidade tem oportunizado o retorno ao uso de materiais que proporcionem benefícios ecológicos, como a terra. Todavia, para que seja empregada para fins de engenharia, é primordial o estudo prévio de algumas propriedades do solo, condicionantes para o bom desempenho dos sistemas construtivos.

O termo terra, utilizado neste artigo, refere-se ao solo extraído da crosta terrestre, o qual é constituído por uma fase orgânica e por outra que resulta da desagregação das rochas em virtude da ação de processos físicos, químicos e biológicos, ligados às condições bioclimáticas locais (como a ação do sol, chuvas e ventos) e decomposição da matéria orgânica presente (Houben; Guillaud, 2006; Torgal; Eires; Jalali, 2009; Neves et al., 2010). Contudo, o material utilizado como matéria-prima na construção em terra, consiste somente na fase mineral do solo, a qual é constituída por partículas de tamanho variável (argilas, siltes e material arenoso) e que se encontram misturadas entre si também em proporções também variáveis (Torgal; Eires; Jalali, 2009).

Faz-se necessário observar os condicionantes locais referentes à região de amostragem de um solo antecedendo o seu uso, visto que esses processos interferem na sua composição, justificando suas propriedades ilimitadas e sua heterogeneidade (Houben; Guillaud, 2006;

Giorgi, 2016). No Brasil, onde a maior parte do país possui clima quente e úmido, os solos apresentam propriedades de engenharia particulares, diferentes àqueles característicos de regiões temperadas, denominados como solos tropicais. Estes são resultantes de regiões de alto intemperismo, o que se reflete em um conjunto de modificações físicas e químicas, de desintegração e de decomposição, respectivamente, alterando suas propriedades e estrutura, o que impacta diretamente em seu comportamento (Marchezini, 2013; Lopera, 2016).

No Brasil, até o momento desta pesquisa, ainda não existe norma específica para construção de paredes em terra natural (apenas normas que tratam de solo-cimento). Entretanto, por se tratar de uma prática milenar amplamente utilizada por quase todas as civilizações do passado, foram desenvolvidos diversos testes empíricos ao longo do tempo com o intuito de caracterizar e selecionar solos para uso em técnicas construtivas. Por outro lado, a Associação Brasileira de Normas Técnicas (ABNT) possui normalização no campo da geotecnia, no que concerne à terminologia, requisitos, métodos de ensaio e generalidades sobre solos.

Nesse contexto, o objetivo deste artigo é realizar a caracterização física de uma amostra de solo localizado no centro-oeste brasileiro, com dois procedimentos: ensaios de laboratório de acordo com as normas brasileiras pertinentes; e testes empíricos, denominados testes de campo, visando a validação destes.

## 2 MATERIAL E MÉTODOS

Adotou-se um fluxograma (figura 1) metodológico para análise do solo, envolvendo a coleta, armazenamento, ensaios laboratoriais e testes de campo.

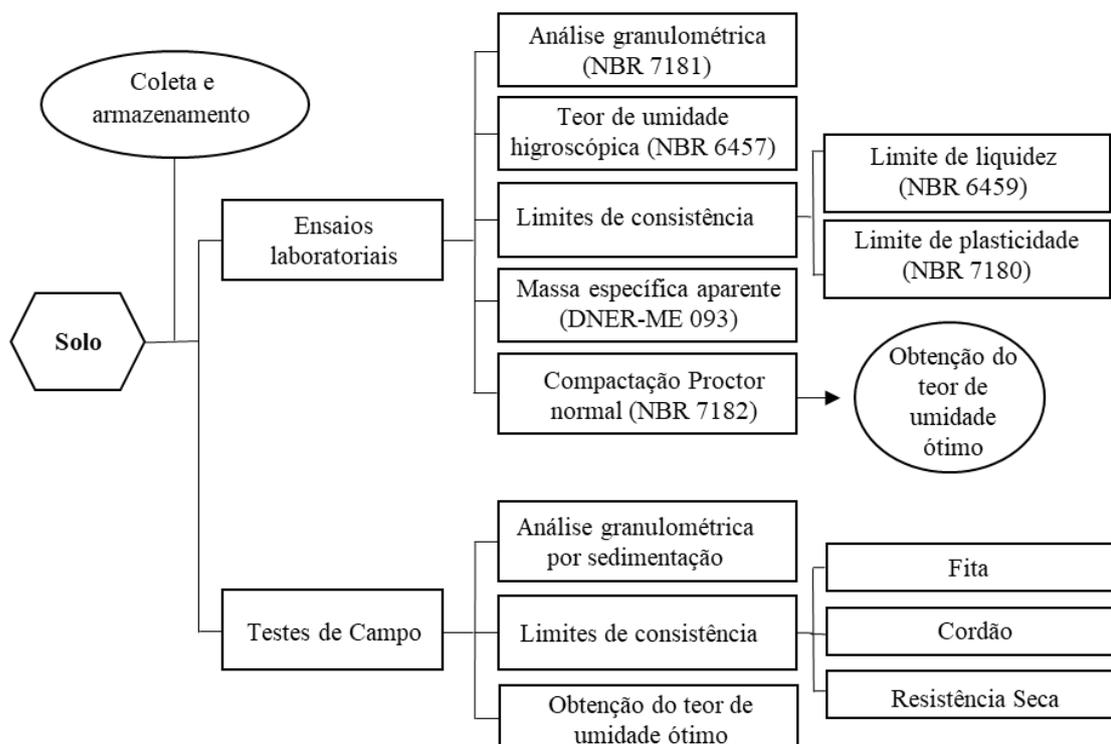


Figura 1. Estratégia metodológica para análise do solo aplicada à pesquisa

### 2.1 Coleta e armazenamento do material

Uma amostra deformada de aproximadamente 200 kg de solo foi coletada no município de Cuiabá, Mato Grosso (figura 2), georreferenciada sob as coordenadas 15°33'51,6"S; 56°03'30,63"O.



Figura 2. Localização da coleta do solo no Brasil

O solo escolhido é um solo pedregulhoso, formado em regiões de clima tropical, presente na Baixada Cuiabana. Por existir elevada ocorrência de jazidas na região, com uma reserva estimada de 94 milhões de metros cúbicos (SIG Cuiabá, 2006), considerou-se que esse tipo de solo apresentaria características pertinentes, principalmente pela sua disponibilidade, para o uso como material de construção em sistemas construtivos com terra.

## 2.2 Caracterização geotécnica

O material coletado foi destorroado, quarteado e seco ao ar até atingir umidade higroscópica, conforme prescreve a NBR 6457 (2016), a qual trata da preparação de amostras para ensaios de caracterização e de compactação. Posteriormente, ensaios de caracterização geotécnica foram realizados em laboratório na amostra.

Com a finalidade de identificar os percentuais constituintes do solo em questão, foram realizadas as análises granulométricas, de acordo com os procedimentos da NBR 7181 (2016), para obter as porcentagens dos diâmetros equivalentes dos grãos que formam cada solo. Os ensaios foram realizados em três etapas: peneiramento grosso, sedimentação com defloculante e peneiramento fino, respectivamente.

Para determinação do teor de umidade higroscópica seguiu-se a NBR 6457 (2016), retirando-se três amostras do solo, que posteriormente foram secas em estufa de secagem e esterelização a temperatura de  $105 \pm 3^\circ\text{C}$ . A diferença da massa entre o solo úmido e o solo seco corresponde à massa da água existente na amostra de solo.

Para determinação dos limites de consistência, inicialmente, homogeneizou-se uma amostra passada na peneira de 0,425 mm, de acordo com a NBR 6457 (2016). A determinação do limite de liquidez (LL) ocorreu segundo a NBR 6459 (2016) e, para o limite de plasticidade (LP), utilizou-se a NBR 7180 (2016). Após a obtenção dos valores de LL e LP, calculou-se o índice de plasticidade (IP) do solo pela diferença entre o LL e LP, com resultado em percentual.

O ensaio laboratorial para determinação da massa específica dos grãos foi realizado em três picnômetros pequenos, de acordo com o especificado na norma DNER-ME 093 (1994).

Por fim, realizou-se a compactação Proctor normal. O ensaio ocorreu segundo as especificações da NBR 7182 (2016) e a amostra selecionada seguiu as recomendações da NBR 6457 (2016), desprezando-se as partículas com granulometria superior a 19 mm (3/4"). Moldaram-se sete corpos de prova com teores de umidade diferentes (7%, 8%, 11%, 13%, 15%, 17% e 19%). Dessa forma, adicionando água nas amostras de acordo com os teores

estabelecidos, buscou-se uma faixa próxima as diretrizes da CRAterre (Doat et al., 1979), que indica teores ótimos de água compreendidos entre 9–17%.

O solo foi compactado em 5 camadas com soquetes metálicos de 4,5 kg, em cilindros grandes de 2124 cm<sup>3</sup> de volume, visto que os cilindros pequenos (de aproximadamente 1000 cm<sup>3</sup> de volume) devem ser empregados somente quando a amostra de solo passa integralmente na peneira de 4,8 mm, condição não obtida no solo em estudo.

Amostras do centro de todos os cilindros foram retiradas, pesadas e colocadas em cápsulas na estufa, para aferição da umidade real do solo no momento de cada compactação. Com os resultados, foi traçada a curva de compactação e verificada a umidade ótima e massa específica máxima.

### 2.3 Caracterização por testes de campo

Para realização dos testes de campo foram seguidas referências de Neves et al. (2010).

Fora o ensaio do pote de vidro, que foi realizado com uma fração de solo passante na peneira de 19,1 mm, os outros testes foram realizados desconsiderando os grãos de pedregulho, isto é, utilizando apenas as frações passantes na peneira de 2,00 mm.

No ensaio do pote de vidro, uma amostra de solo seco e destorroado foi disposta um vidro cilíndrico, liso e transparente, até cerca de 1/3 de sua altura. Adicionou-se água até 2/3 da altura do vidro e 5 mg de cloreto de sódio, que age como defloculante das partículas de terra. Após o preenchimento, o pote foi tampado e agitado vigorosamente até a dispersão do solo na água. O pote ficou em repouso por 1 hora e, em seguida, promoveu-se nova agitação. O pote foi mantido novamente em repouso, sobre uma superfície horizontal por 24 horas. Ao obter-se a separação das frações de solo e a limpidez da água, mediu-se a altura das distintas camadas. O procedimento foi realizado duas vezes, conforme orientação de Neves et al. (2010).

No teste de fita, uma amostra de solo úmido, formou-se, em uma superfície lisa, um rolo de 3 cm de espessura. Em seguida, o rolo foi achatado, apertando-o entre o polegar e o indicador, com o intuito de formar uma fita de 150 a 200 mm de comprimento e 2mm à 6mm de espessura. Após a fita foi erguida e o comprimento máximo da fita antes do seu rompimento foi aferido, assim como o comprimento do seguimento rompido.

No teste do cordão, aproximadamente 10 g de solo foi uniformizado e, sobre uma placa de vidro fosca, confeccionado um cilindro de 3 mm de diâmetro rolando o solo entre a placa e mão até que começasse a se fragmentar, assim como realizado no ensaio de LP. Com este cilindro, formou-se uma esfera de terra e verificou-se a força necessária para esmagá-la entre o polegar e o indicador.

No teste de resistência seca, foram moldadas três pastilhas com terra muito úmida, com cerca de 3 cm de diâmetro, e, posteriormente, colocadas para secar ao sol por dois dias. O ensaio consistiu em tentar esmagar cada pastilha entre o indicador e o polegar, avaliando o seu esforço de ruptura e, com isso, possibilitando a classificação do solo.

No teste de queda, uma mistura de 400 gramas de solo seco com uma quantidade inicial de 30 ml de água foi preparada para formar esferas de aproximadamente 4 cm de diâmetro. Estas foram deixadas cair de uma altura de 1,5 m de distância em relação ao chão. O ensaio foi repetido, posteriormente, acrescentando mais 10 ml para cada nova tentativa, com a finalidade de se obter a quantidade de água necessária na esfera, tendo em vista o seu estado após o impacto no chão. A esfera que se fragmentou em apenas algumas peças foi disposta em cápsulas, as quais foram pesadas e levadas para estufa, a fim de se obter o seu teor de umidade.

### 3 RESULTADOS E DISCUSSÕES

#### 3.1 Caracterização geotécnica

A curva média de distribuição granulométrica do solo é apresentada na Figura 3. Os resultados, de acordo com os critérios de avaliação da NBR 6502 (1995), evidenciam 69% de pedregulho, 22% de areia, 1% de silte e 8% de argila.

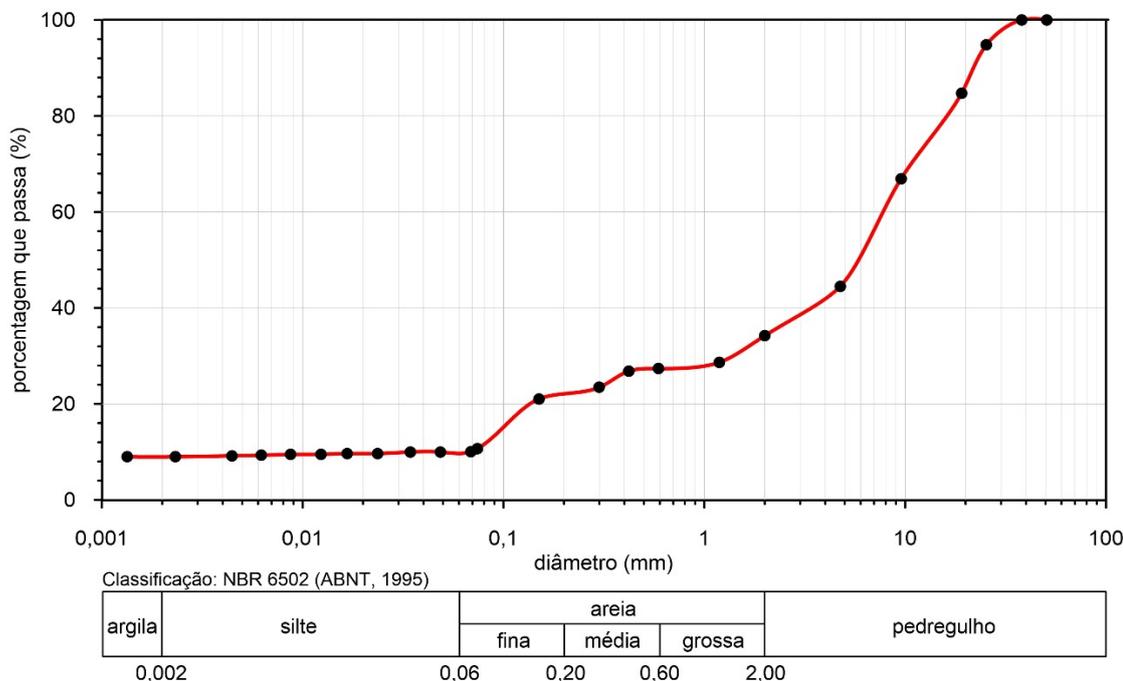


Figura 3. Curva de distribuição granulométrica

Para a construção com terra sugerem-se granulometrias inferiores a 20 mm, ou seja, a fração que passa pela peneira de 19,1 mm. Na amostra estudada, essa fração equivale a 79% do solo. Entretanto, ao tratar de uma composição ideal para construções em terra, existe uma proporção mencionada por autores de aproximadamente 70% de areia e 30% de silte combinado com argila, não se referindo ao pedregulho que passa por essa peneira. Em vista disso, Pereira e Silva (2012) propuseram uma redistribuição das proporções desconsiderando o pedregulho. Deste modo, poderia ser considerada uma nova distribuição entre as partículas de areia, silte e argila deste solo, equivalentes a 71%, 3% e 26%, respectivamente, atendendo assim a composição proposta.

Os ensaios de determinação dos limites de consistência forneceram um LL de 36%, LP de 24% e IP de 12%, que corresponde a uma plasticidade média. A plasticidade, de acordo com Ponte (2012), é a capacidade que o material possui em se tornar moldável, competência essa que se relaciona intimamente com a quantidade de água e a argila presentes. Ou seja, o IP define o espectro entre o qual a terra tem um comportamento plástico e é determinado em função do grau de umidade, dependentes da quantidade de argila presente na amostra (Neves et al., 2010).

Na tabela 1, os resultados determinados na análise do solo em estudo foram comparados com os recomendados por Doat et al. (1979).

Os dados obtidos se encontram dentro dos limites máximos e mínimos, entretanto, apenas o IP apresenta um valor dentro da faixa recomendada. Quanto a isso, Villibor e Nogami (2009) afirmam que é prematuro reprovar a aceitação de solos tropicais que não atendam aos limites de consistência sugeridos, visto que os mesmos podem apresentar alta qualidade, não deixando de apresentar ótimas propriedades mecânicas e hidráulicas quando compactados.

Tabela 1. Comparação entre os limites de consistência recomendados na construção em terra e resultados encontrados (adaptado de Doat et al., 1979)

Limites	Intervalos		Resultados encontrados
	Recomendados	Máximos e mínimos	
LP (%)	7 – 18	7 – 29	24
LL (%)	30 – 35	25 – 50	36
IP (%)	12 – 22	10 – 25	12

O valor médio da massa específica seca dos grãos do solo que passam na peneira de 4,75 mm é de  $\bar{\delta} = 2,76 \text{ g/cm}^3$ . O valor obtido é superior ao comum médio adotado de  $\bar{\delta} = 2,65 \text{ g/cm}^3$ , o qual é baseado na massa específica do mineral quartzo, presente em grande quantidade na maioria dos solos. Como a massa específica dos solos é função dos percentuais dos minerais constituintes dos seus grãos, um valor elevado pode ser justificado pela presença de minerais mais pesados na sua composição (Fiori, 2015).

Além dos ensaios iniciais de caracterização geotécnica do solo, realizaram-se também ensaios de compactação na energia Proctor normal e Proctor modificada, seguindo as especificações na NBR 7182 (2016). A curva de compactação Proctor normal foi obtida a partir do ensaio de sete corpos de prova, fornecendo como resultado uma massa específica seca máxima de  $1,98 \text{ g/cm}^3$  e teor de umidade ótimo de 14%. Ilustra-se na figura 4 a representação gráfica da compactação Proctor normal.

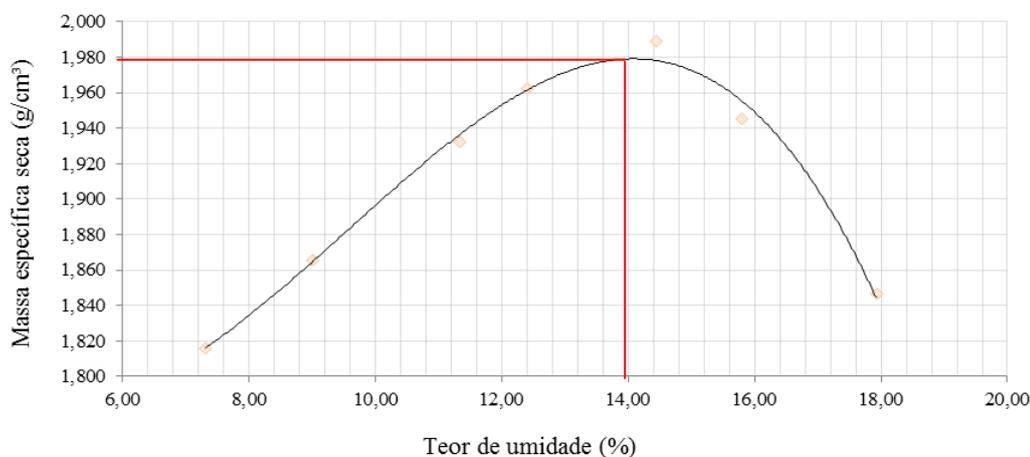


Figura 4: Curva de compactação Proctor normal

Apesar do ensaio determinar um valor exato para o teor de umidade, a NZS 4298 (1998) afirma que na construção em terra compactada, ele pode variar em um mínimo de 4% abaixo do ótimo e um máximo de 6% acima, levando a uma faixa de 10,1 a 11,1% para este solo.

As recomendações relativas à massa específica seca da amostra compactada é apresentada na tabela 2.

Tabela 2: Massa específica seca após compactação (adaptado de Doat et al., 1979)

Massa específica (g/cm³)	Classificação
1,65 – 1,76	Medíocre
1,76 – 2,10	Muito satisfatório
2,10 – 2,20	Excelente

2,20 – 2,40	Excepcional
-------------	-------------

Conforme exposto na tabela 2, o solo compactado pode ser classificado em intervalos que variam de medíocre a excepcional. Para o valor de massa específica seca máxima igual a  $1,98 \text{ g/cm}^3$ , o solo é classificado como muito satisfatório.

### 3.2 Caracterização por testes de campo

Do teste de sedimentação, obteve-se o resultado apresentados na figura 5. Visualmente foi impossível distinguir todas as camadas separadamente, sendo possível apenas considerar três grupos, um de pedregulho, representando 56% do total, outro de areia, equivalente a 33%, e os 11% restantes de silte combinado com argila.

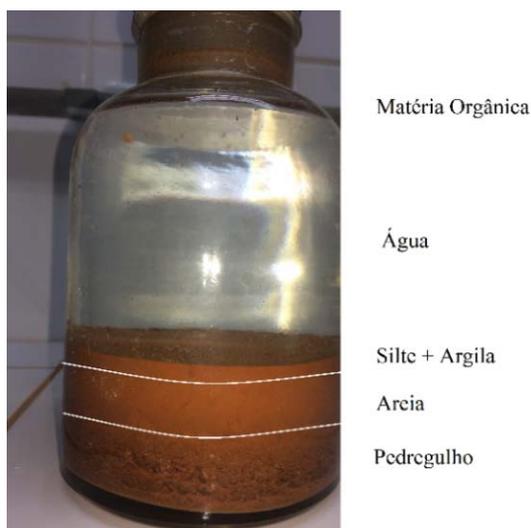


Figura 5: Resultado do ensaio do pote de vidro

De acordo com os valores obtidos, o solo em estudo pode ser considerado como granulado uma vez que a percentagem de areia e pedregulho é consideravelmente superior à percentagem de silte e argila (Faria, 2012).

Realizado o ensaio da fita, o segmento rompido foi aferido, com comprimento equivalente a 8 cm (figura 6). Segundo a avaliação de Neves et al. (2010), uma fita que rompe com comprimento entre 5 à 10 cm caracteriza um solo areno-siltoso ou areno-argiloso, com plasticidade média.



Figura 6: Aferição do comprimento do segmento rompido do ensaio de fita

Na tabela 3, verificam-se outras interpretações para avaliação do solo de acordo com autores citados por Maniatis e Walker (2003).

Tabela 3: Interpretações do teste de fita no solo em estudo (adaptado de Maniatidis e Walker, 2003)

Classificação do solo	Comprimento da fita (mm)				
	Easton (1996)	HB 195 (SAI, 2002)	Houben e Guillaud (1994)	Keable (1996)	Norton (1997)
Solo inadequado devido ao encolhimento excessivo	>200	>80	250-300	>120	>150
Solo de baixa resistência	<b>&lt;100</b>	<40	<b>50-100</b>	<80	<80

Foram destacados na tabela 3 os parâmetros que caracterizaram o solo em estudo como de baixa resistência. Há de se salientar, no entanto, não existe um consenso entre os autores quanto a inadequação do solo e a sua resistência. Consoante os autores citados por Maniatidis e Walker (2003), tem-se que: para Easton (1996) e Houben e Guillaud (1994) o solo é considerado de baixa resistência; para a HB 195 (SAI, 2002) o solo apresenta resistência superior ao exigido; e, para Keable (1996) e Norton (1997) o solo se encontra no limite de resistência. Portanto, existe a necessidade de aprofundamento sobre esta propriedade para uma adequada definição dos limites para seleção do solo destinado à construção de paredes.

No teste do cordão verificou-se que não houve dificuldade excessiva na formação do cilindro, assim como para pressionar a esfera, o que, de acordo com Maniatidis e Walker (2003), determina que o solo não possui argila em demasia, que possivelmente ocasionaria retração. Já a avaliação de Neves et al. (2010) permite, novamente, identificar o solo como areno-siltoso ou areno-argiloso, com plasticidade média, já que a esfera formada apresentou fissuras e uma baixa resistência ao esmagamento (figura 7).

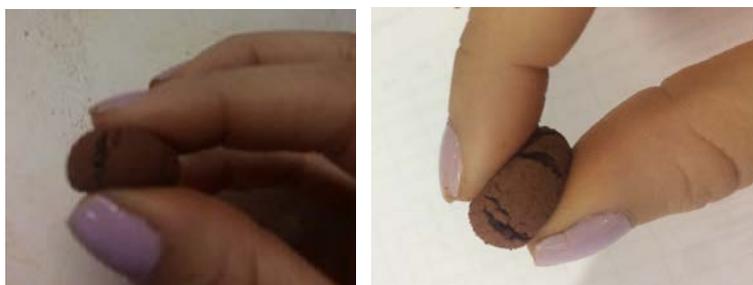


Figura 7. Resultado do teste do cordão

No teste de resistência seca as pastilhas apresentaram resistência média, não se desagregando facilmente quando submetidas a tentativa de esmagamento. Entretanto, na tentativa de quebra das pastilhas entre os dedos, foi possível a sua desagregação em pedaços, caracterizando o solo como terra argilo-siltosa, argilo-arenosa ou areia argilosa (Neves et al., 2010).



Figura 8. Resultado de ensaio de resistência seca

O teste de queda foi realizado diversas vezes até se obter o resultado admitido como ótimo (figura 9), conforme descrito por Maniatidis e Walker (2003), SAZS 724 (2001) e Neves et al. (2010). Após a queda, a esfera manteve uma forma arredondada de onde partes de solo se destacaram, o que, de acordo Faria (2012), indica que a quantidade de água presente é a

ideal. Após 24 horas na estufa, calculou-se o teor de umidade, que foi determinado em  $w = 16,22\%$ .



Figura 9: Resultado do teste de queda no teor de água ótimo

### 3.3 Correlação entre resultados obtidos nos ensaios laboratoriais e de campo

A partir dos resultados obtidos nos ensaios laboratoriais e de campo realizaram-se análises comparativas entre os dados obtidos.

Na análise granulométrica realizada pelo método laboratorial e de campo foi possível verificar divergências nos resultados, principalmente na relação do pedregulho com a areia. Entretanto, ressalta-se que as diferenças apresentadas não alteram a caracterização final do solo: o pedregulho permanece com o maior percentual do solo, seguido de areia e por fim de silte e argila. A tabela 4 apresenta as frações obtidas de uma mesma quantidade de solo nos dois ensaios.

Tabela 4: Frações do solo pelo ensaio laboratorial e teste de campo.

Análise granulométrica	Ensaio laboratorial	Ensaio de campo
Percentual das frações constituintes do solo	68% de pedregulho	56% de pedregulho
	22% de areia	33% de areia
	1% silte	11% de silte + argila
	9% de argila	

Ainda sobre a distribuição granulométrica das partículas, os ensaios de campo apontaram possíveis classificações para os solos, como areno-siltoso ou areno-argiloso para o teste de fita e teste do cordão, ou argilo-siltoso, argilo-arenoso ou areno-argiloso para o teste de resistência seca, tornando-o inconclusivo.

No que concerne à plasticidade, tanto o ensaio laboratorial quanto o de campo (teste de fita), determinaram para o solo uma plasticidade média, o que valida os ensaios expeditos.

Com a observância do teor de umidade obtido no ensaio de compactação com Proctor normal, cujo valor foi 14%, é possível fazer uma analogia em relação ao resultado obtido no ensaio expedito do teste de queda, equivalente a 16,2%. Nota-se uma diferença de 2,2%. Essa diferença, de acordo com Faria (2012), pode residir em dois fundamentos: no fato de haver um baixo teor em argila no solo estudado e, na dificuldade inerente à dosagem exata de água durante a moldagem da esfera. Dessa forma, têm-se que a informação obtida pela análise das curvas de compactação para determinação do teor de umidade ótima e massa

específica seca máxima é fundamental para lograr resultados mais precisos, posto que estas características têm especial importância na resistência e durabilidade da construção em terra.

#### 4 CONCLUSÕES

Os testes de campo aplicados ao solo definido como cascalho laterítico, no estado natural, permitiram concluir que a amostra em estudo, proveniente da região de Cuiabá, estado de Mato Grosso, Brasil, possui baixos teores de silte e argila, média quantidade de areia e grande quantidade de pedregulhos e os ensaios laboratoriais de caracterização geotécnica comprovaram essa composição.

Outra validação obtida entre as duas metodologias de ensaio, campo e laboratório, foi quanto à plasticidade do solo, a qual para ambos foi identificada como média plasticidade. Quanto à classificação expedita do solo, os testes de fita, cordão e resistência seca foram inconclusivos, apontando para diferentes classificações.

A comparação entre os ensaios de campo e laboratoriais relativos à determinação da umidade ótima de compactação apresentou uma discrepância considerável nos resultados obtidos.

Nesse sentido, recomenda-se a realização do ensaio normalizado para a determinação do teor de umidade ótima e massa específica seca máxima, posto que estas características têm especial importância na resistência e durabilidade da construção em terra.

#### REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- DNER-ME 093 (1994). Solos – Determinação da densidade real. Brasil: Departamento Nacional de Infraestrutura de Transporte.
- Doat, P.; Alain Hays, A.; Houben, H.; Matuk, S.; Vitoux, F. (1979). Construire en terre. França: CRAterre
- Faria, H. I. M. (2012). Desenvolvimento de uma solução para a construção de taipa no Minho baseada na ativação alcalina. Dissertação de mestrado. Portugal: Escola de Engenharia, Universidade do Minho.
- Fiori, (2015) Fundamentos de mecânica dos solos e das rochas. São Paulo: Oficina de Textos
- Giorgi, P. (2016). Avaliação de desempenho de sistema de vedação vertical de bloco de solo-cimento conforme NBR 15575 referente à habitabilidade e sustentabilidade. Dissertação de mestrado. Brasil: Departamento de Engenharia Civil, Universidade Federal de Santa Maria
- Houben, H.; Guillaud, H. (2006). Traité de construction en terre. CRAterre. Marseille: Parenthèses.
- Lopera, J. F. B. (2016). Influência da microestrutura no comportamento mecânico dos solos tropicais naturais e compactados. Dissertação de mestrado. Brasil: Departamento de Engenharia Civil e Ambiental, Universidade de Brasília
- Maniatidis, V.; Walker, P. A (2003). Review of rammed earth construction. Natural Building Technology Group Department of Architecture & Civil Engineering, University of Bath. Disponível em: <http://staff.bath.ac.uk/abspw/rammedearth/review.pdf>.
- Marchezini, S. F. (2013). Comparação entre métodos estáticos e dinâmicos de previsão de capacidade de carga em estacas assentes em solo tropical. Dissertação de mestrado. Brasil: Departamento de Engenharia Civil, Universidade de Brasília
- NBR 6457 (2016). Amostras de solo - Preparação para ensaios de compactação e ensaios de caracterização. Brasil: Associação Brasileira de Normas Técnicas.
- NBR 6459 (2016). Solo - Determinação do limite de liquidez. Brasil: Associação Brasileira de Normas Técnicas.
- NBR 6502 (1995). Rochas e solos. Brasil: Associação Brasileira de Normas Técnicas.
- NBR 7180 (2016). Solo — Determinação do limite de plasticidade. Brasil: Associação Brasileira de Normas Técnicas.

- NBR 7181 (2016). Solo - Análise granulométrica. Brasil: Associação Brasileira de Normas Técnicas.
- NBR 7182 (2016). Solo - Ensaio de compactação. Brasil: Associação Brasileira de Normas Técnicas.
- Neves, C.; Faria, O. B.; Rotondaro, R.; Cevallos, P. S.; Hoffmann, M. V. (2010). Seleção de solos e métodos de controle na construção com terra – práticas de campo. PROTERRA. Disponível em <http://www.redproterra.org>.
- NZS 4298 (1998): Materials and workmanship for earth buildings. New Zealand: Standards New Zealand
- Pereira, J. P. B.; Silva, J. J. C. (2012). Contributo para a melhoria do desempenho térmico das paredes de taipa. 4º Congresso Construção. Coimbra, Portugal. p.5-17
- Ponte, M. M. C. C. (2012). Arquitetura de terra: o desenho para a durabilidade das construções. Dissertação de mestrado. Portugal: Faculdade de Ciências e Tecnologia, Universidade de Coimbra.
- SAZS 724 (2001). Rammed earth structures – Code of practice - THC 03. Zimbábue: Southern African Development Community Cooperation in Standardization's.
- SIG Cuiabá (2006). Sistema de Informação Geoambiental de Cuiabá, Várzea Grande e Entorno. v.1. Brasil: CPRM. Disponível em: [rigeo.cprm.gov.br/jspui/bitstream/doc/14801/1/sig\\_cuiaba\\_vol1\\_texto.pdf](http://rigeo.cprm.gov.br/jspui/bitstream/doc/14801/1/sig_cuiaba_vol1_texto.pdf)
- Torgal, F. P.; Eires, R.; Jalali, S. (2009). Construção em terra. Portugal: Edição TecMinho.
- Villibor e Nogami (2009) Pavimentos econômicos: tecnologia de uso dos solos finos lateríticos. São Paulo: Arte & Ciência

## **AGRADECIMENTOS**

Os autores agradecem ao Programa de Pós-graduação em Engenharia de Edificações e Ambiental da Universidade Federal de Mato Grosso e a Fundação de Amparo e Pesquisa do Mato Grosso.

## **AUTORES**

Carol Cardoso Moura Cordeiro, mestra em engenharia de edificações e ambiental, engenheira civil. Professora na Faculdade de Engenharia da Universidade Federal de Mato Grosso (UFMT). Currículo completo em: <http://lattes.cnpq.br/9950575422654036>

Caio Augusto Barbosa de Campos, graduando em engenharia civil pela Faculdade de Engenharia, Arquitetura e Tecnologia da UFMT, bolsista de iniciação científica do Laboratório de Tecnologia e Conforto Ambiental (LATECA) da UFMT. Currículo completo em: <http://lattes.cnpq.br/0877390003723179>

Douglas Queiroz Brandão, doutor em engenharia de produção, mestre em engenharia civil, engenheiro civil. Chefe de departamento e professor do curso de engenharia civil da UFMT. Coordenador do projeto Tipos, estratégias e operadores de flexibilidade arquitetônica com foco em pequenas habitações na UFMT. Currículo completo em: <http://lattes.cnpq.br/0318336258757547>

Luciane Cleonice Durante, doutora em física ambiental, mestre em educação e meio ambiente, engenheira civil. Professora do departamento de arquitetura e urbanismo da UFMT. Coordenadora do LATECA. Vice Coordenadora do Grupo de Pesquisa em Tecnologia e Arquitetura Ambiental (GPTAA). Currículo completo em: <http://lattes.cnpq.br/3288386869580332>

Ivan Júlio Apolônio Callejas, doutor em física ambiental, mestre em estruturas, engenheiro civil. Professor do departamento de arquitetura e urbanismo da UFMT. Currículo completo em: <http://lattes.cnpq.br/7395380953207614>