

Avaliação da Viabilidade Técnica de Solos Utilizados como Camada de Pavimentos

Aline P. da Silva¹, Oisy H. Menéndez¹

¹Centro das Ciências Exatas e das Tecnologias – Universidade Federal do Oeste da Bahia (UFOB) – Barreiras, BA - Brasil

aline.aps.ec@gmail.com, oisy.menendez@ufob.edu.br

Abstract. *The western region of Bahia has been developing significantly each year due to the expansion of agricultural frontiers. This expansion has generated an increase in heavy vehicles traveling on the roads, an aspect that affects the quality and useful life of the pavement layers. In addition to the increase in vehicles, which generates wear on the pavement layers, the climatic changes characteristic of the region favor the appearance of several pathologies. This study comprises the evaluation of the mechanical physical behavior of two soils in the region to identify whether they can be used as a floor layer, as well as to compare the results obtained with other studies developed in the region. The soil behavior was evaluated through geotechnical characterization tests such as liquidity and plasticity limits, granulometry, grain specific gravity, compaction, expansion and CBR. The results show that the studied soils comply with the CBR and expansion specifications to be used as subgrade layers of pavements, but the physical-mechanical behavior differs from the other soils studied in the region.*

Resumo. *A região Oeste da Bahia vem a cada ano se desenvolvendo significativamente devido à expansão das fronteiras agrícolas. Esta expansão tem gerado um aumento de veículos pesados que trafegam pelas estradas, aspecto que afeta a qualidade e a vida útil das camadas do pavimento. Além do aumento dos veículos, que gera desgaste nas camadas do pavimento, as mudanças climáticas características da região favorecem o aparecimento de diversas patologias. Este estudo compreende a avaliação do comportamento físico mecânico de dois solos da região para identificar se podem ser utilizados como camada de pavimentos, bem como comparar os resultados obtidos com outros estudos desenvolvidos na região. O comportamento do solo foi avaliado através de ensaios de caracterização geotécnica como limites de liquidez e plasticidade, granulometria, massa específica do grão, compactação, expansão e CBR. Os resultados mostram que os solos estudados cumprem as especificações de CBR e expansão para serem utilizados como camadas de subleito de pavimentos, mas o comportamento físico- mecânico difere dos outros solos estudados na região.*

1. Introdução

A partir de 1980 o Oeste da Bahia é considerado como um importante vetor de desenvolvimento do Estado (SEI-BA, 2017) e os efeitos da expansão do agronegócio e a urbanização em termos de transporte de carga e passageiros são notórios na cidade de Barreiras, onde houve, entre 2008 e 2018, um aumento da frota de veículos pesados

como caminhões e ônibus de 130% e 199% (DENATRAN, 2018) respectivamente, produzindo um aumento das cargas por eixo transmitidas diretamente ao pavimento.

O aumento das cargas, as condições climáticas e as mudanças no comportamento hidromecânico e estrutural do solo são fatores preocupantes nos solos que compõem as camadas de pavimentos. Estas camadas sofrem uma contínua degradação no decorrer do tempo, provocando o aparecimento de diversas patologias afetando o conforto e segurança do usuário ao trafegar (Bernucci *et al.*, 2008).

No município de Barreiras as patologias mais comuns são: fendas, afundamentos, desgaste e panelas (DNIT, 2005), tendo como origem uma má compactação do solo, fadiga e deformação permanente excessiva das camadas de base e sub-base. Conforme apontado por Bernucci *et al.* (2008) um aspecto importante que pode afetar a qualidade do pavimento é a existência de dois tipos de clima na cidade (baseada na classificação de Thornthwaite). Isso porque 83% da pluviosidade da região se concentra no período chuvoso (outubro a abril) e no período de maio a setembro é de muita seca (Pinto, Silva e Oliveira, 2006).

Outro aspecto relevante é a compactação das diferentes camadas de solo (comportamento mecânico) que além de alterar o índice de vazios, o induz a uma estrutura específica, que é função do teor de água e da energia adotada (Martinez, 2003). Mitchell e Soga (2005) comentam que para um mesmo índice de vazios, um solo compactado no ramo seco é mais rígido que quando compactado no ramo úmido, ficando evidente que as características do solo compactado, como deformabilidade, permeabilidade e retenção de água dependem das condições de umidade.

Godoy e Teixeira (1996) afirmam que o comportamento do solo após a compactação depende do tipo de material, sendo que para os solos lateríticos a porosidade e permeabilidade natural fazem com que apresentem boa resistência e baixa permeabilidade, sem que haja perda significativa de solo quando imerso em água. Queiroz (2015) avaliou o comportamento hidromecânico de um solo tropical compactado e adensado com diferentes umidades e observou que, com a diminuição do índice de vazios, por carregamento (adensamento) ou processo de compactação, há uma redução dos macroporos e um aumento da capacidade de retenção da água.

Cordão Neto *et al.*, (2018) também avaliaram o comportamento estrutural, neste caso, para amostras de um solo tropical em diferentes condições: inalterada, compactada e reconstituída (lama) aplicando sobrecarga e observaram que a estrutura inicial da amostra se afeta com a desestruturação do solo (formação da lama) e que a sobrecarga somente afeta os macroporos do solo, aspecto que poderia ser relevante no período chuvoso em Barreiras tendo em vista que o solo está totalmente saturado.

A estrutura mineralógica do material é outro fator importante a ser analisado no comportamento do solo. Pesquisas desenvolvidas por Freitas *et al.*, (2010) para solos argilosos com predominância de caulinita, mostram uma mudança do comportamento do solo que proporciona um caráter coeso quando seco e alta fragilidade estrutural quando sobre manejo intensivo.

No Oeste da Bahia aproximadamente 46% dos solos são Latossolos (Bernardi *et al.*, 2003). Caracterizados por serem muito frágeis, com elevada porosidade e limitação da capacidade de armazenamento de água, que ocasiona a redução da estabilidade dos agregados do solo. Estes solos quando se encontram na superfície, tem caráter coeso, de

consistência dura ou extremamente dura (quando seco) e friável ou firme quando úmidos (Embrapa, 1999). Embora as características do solo da região não sejam as ideais para camadas de pavimentos (DNIT, 2005), eles são utilizados para tal fim, devido à sua disponibilidade e volume de ocorrência.

As pesquisas relacionadas com a avaliação do comportamento mecânico do solo utilizado em camadas de pavimento no Oeste da Bahia ainda são incipientes (Amorim, 2018, Paiva *et al.*, 2019), motivo pelo qual a presente pesquisa pretende avaliar o comportamento de dois solos com o intuito de identificar se poderiam ser utilizados como material de camadas de subleito ou reforço de subleito do pavimento. Para identificar a viabilidade na utilização dos solos como camadas de subleito ou reforço de subleito de pavimentos foi realizada a caracterização geotécnica convencional e a avaliação do CBR. Os resultados obtidos foram comparados com as recomendações estabelecidas nas normativas vigentes e também com estudos existentes de outros solos na região.

2. Materiais e métodos

2.1. Coleta do material

O perfil dos solos típicos da região está caracterizado por processos morfogenéticos que indicam a presença de solos estáveis (aproximadamente 69% da região), erosivos (15%) e deposicionais (16%). Como se observa na Figura 1 (Modificada de Passo *et al.*, (2010)) os solos estudados se enquadram dentro do grupo dos solos erosivos (Pontos azul, vermelho, amarelo, verde e preto dentro do mapa), com estrutura geológica de depósitos aluvionares ou urucuia constituídos majoritariamente de arenitos, areia e cascalho (Passo *et al.*, 2010).

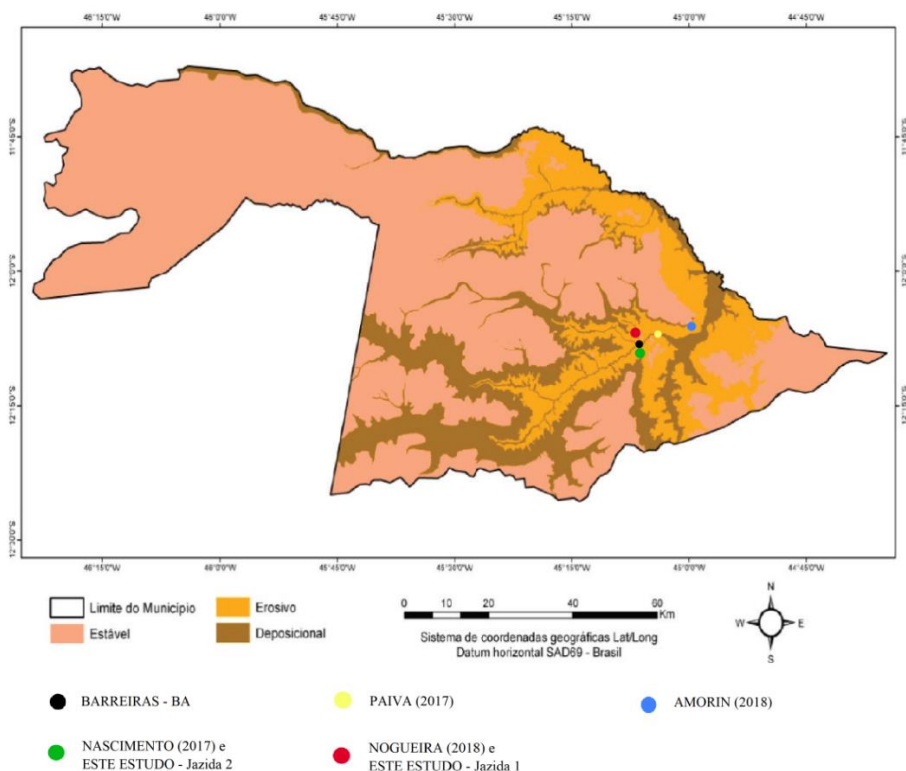


Figura 1. Mapeamento Morfogenético. Modificado de Passo *et al.* (2010)

A Figura 2 mostra os locais dos solos avaliados neste estudo (identificados no mapa com as cores amarela e verde), além de quatro solos estudados por outros pesquisadores. As amostras deformadas foram coletadas em dois locais diferentes: o primeiro solo foi coletado em uma jazida próxima à BR 135 (denominado no trabalho como Este estudo – Jazida 1, Figura 3a), tem coloração marrom com umidade natural de 2,38%; o outro solo foi coletado no bairro Renato Gonçalves (denominado no trabalho como Este estudo – Jazida 2, Figura 3b) a coloração é amarela com umidade natural de 2,24%. Ambos os solos foram coletados no período chuvoso.

2.2. Programa experimental

A metodologia empregada para a caracterização geotécnica dos solos segue as recomendações das normas brasileiras. Foram realizados ensaio de caracterização física do solo (Figura 4): granulometria (NBR 7181, 2016), limites de liquidez (NBR 6459, 2016) e plasticidade (NBR 6459, 2016), massa específica dos grãos (NBR 6458, 2016), além da avaliação do comportamento mecânico realizando ensaios de compactação com a energia correspondente ao Proctor normal (NBR 7182, 2016), determinação do Índice Suporte Califórnia e a análise da expansão (NBR 9895, 2016). Os resultados da análise granulométrica e os limites são utilizados para classificar os solos pelo Sistema unificado de classificação de solos (SUCS) e Transportation Research Board (TRB).

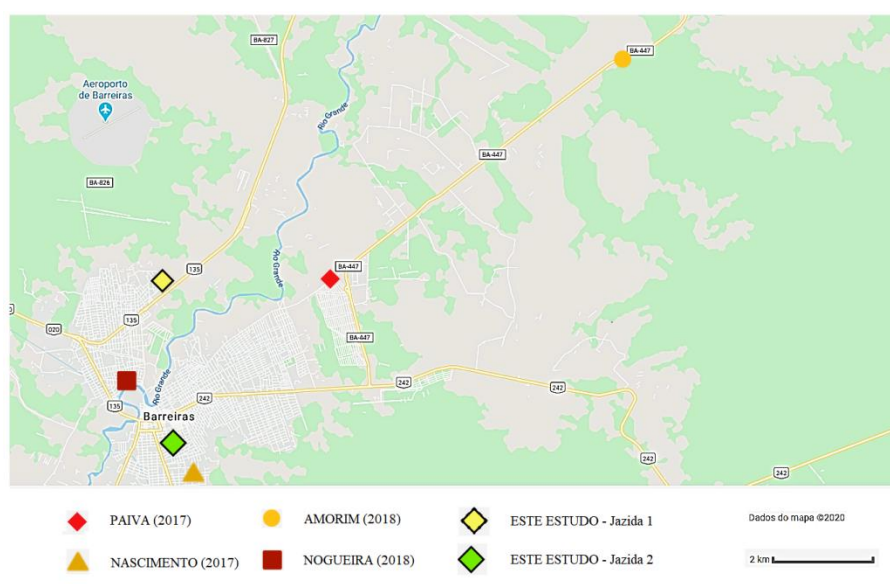


Figura 2. Local de coleta dos solos e respectivos autores

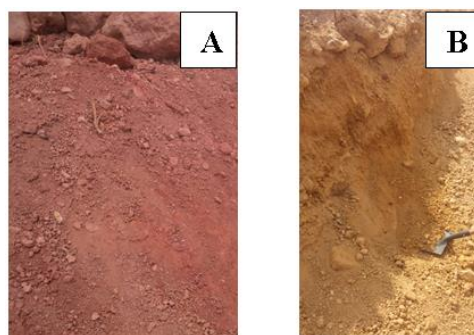


Figura 3. Local de coleta dos solos e perfil de extração das amostras; a) Coleta de amostra Jazida 1 e b) Coleta de amostra Jazida 2.

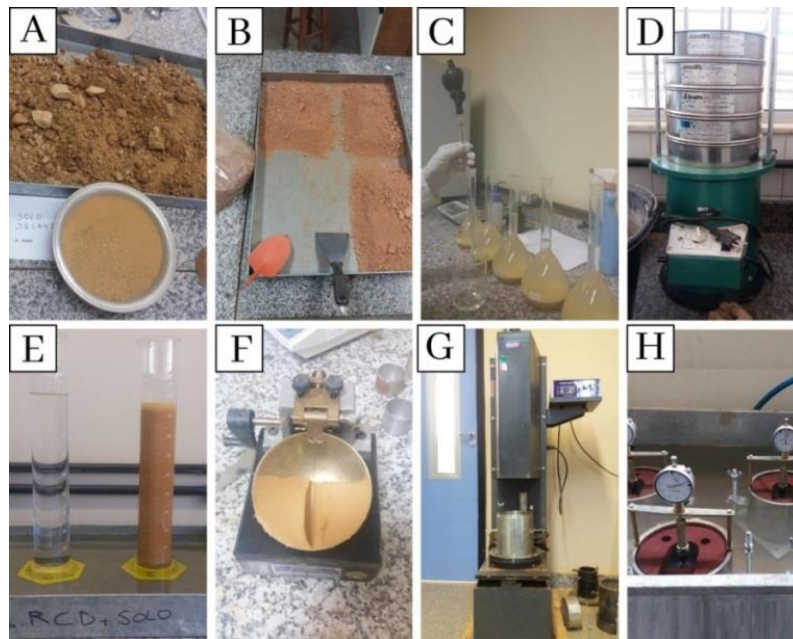


Figura 4. Ensaio de caracterização do solo.

Por fim, os resultados obtidos foram comparados com dados de pesquisas desenvolvidas por Amorim (2018), Nascimento *et al.* (2020), Nogueira (2018), Paiva *et al.* (2019) que avaliaram propriedades físico-mecânicas de solos da região. A Tabela 1 apresenta um resumo das propriedades que serão comparadas e os diferentes autores que desenvolveram a pesquisa.

Tabela 1. Propriedades físico-mecânicas avaliadas neste estudo e por outros pesquisadores

AUTORES	PROPRIEDADES FÍSICO-MECÂNICAS				
	Granulometria	LL e LP	Compactação	Expansão	CBR
PAIVA (2017)	x	x	x	x	x
NASCIMENTO (2017)	x	x	x	x	x
AMORIM (2018)	x	x	x	x	x
NOGUEIRA (2018)	x	-	-	-	-
ESTE ESTUDO	Jazida 1	x	x	x	x
	Jazida 2	x	x	x	x

3. Resultados

3.1. Caracterização físico-mecânica dos solos

A seguir são apresentados os resultados de caracterização geotécnica e a avaliação do comportamento mecânico dos solos.

3.1.1. Análise granulométrica e massa específica do grão

A Figura 5 mostra as curvas granulométricas obtidas no estudo e para alguns dos solos estudados na região. Observa-se que as curvas dos diferentes solos da região não apresentam um comportamento padrão, indicando uma variabilidade grande em termos de porcentagem passante dos diferentes tamanhos do grão.

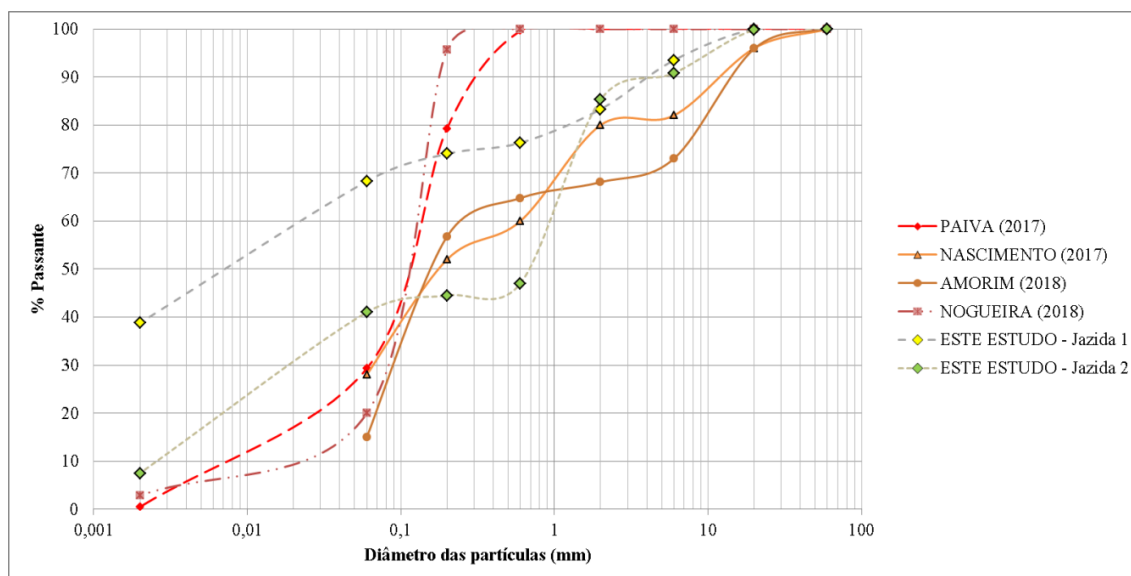


Figura 5. Curvas granulométricas dos solos estudados e as obtidas por outros pesquisadores

Segundo Bernucci *et al.* (2008) a classificação em quanto à graduação das curvas dos solos da região é variável. Os solos estudados por Nogueira (2018) e Paiva (2017) podem ser classificados como de graduação aberta, os de Nascimento (2017) e Este estudo - Jazida 1 são de graduação densa, enquanto que os avaliados por Amorim (2018) e Este estudo - Jazida 2 apresentam graduação com degrau. Os casos de graduação aberta indicam falta de fino e para a graduação com degrau ausência de material grosso.

Levando em consideração a classificação proposta por Das (2011) e Machado (2002) os solos estudados por Nogueira (2018) e Paiva (2017) são considerados como de graduação uniforme (mal graduados) e os solos estudados por Nascimento (2017), Amorim (2018) e Este estudo - Jazida 1 e 2 apresentam graduação aberta (também mal graduados). Para Pinto (2000) o formato das curvas de Paiva (2017) e as de Este estudo são característicos de solos lateríticos arenosos finos.

A Figura 6 apresenta a quantidade de pedregulho, areia, silte e argila dos solos estudados e dos solos da região. Observa-se que mais de 60% dos solos tem como material predominante a areia, 67% dos solos tem mais de 70% entre pedregulho e areia, 80% dos solos têm menos de 5% de argila. Os solos da região têm em média 52% de areia e 28% de silte.

Particularmente Este estudo mostra que nos solos da Jazida 1 predominam os materiais mais finos (mais do 60% entre silte e argila) e para o solo da Jazida 2 predominam a areia e o silte (mais de 70%), tendo em ambos os solos menos de 20% de pedregulho, indicando que os solos podem ter resistência baixa e pouca plasticidade.

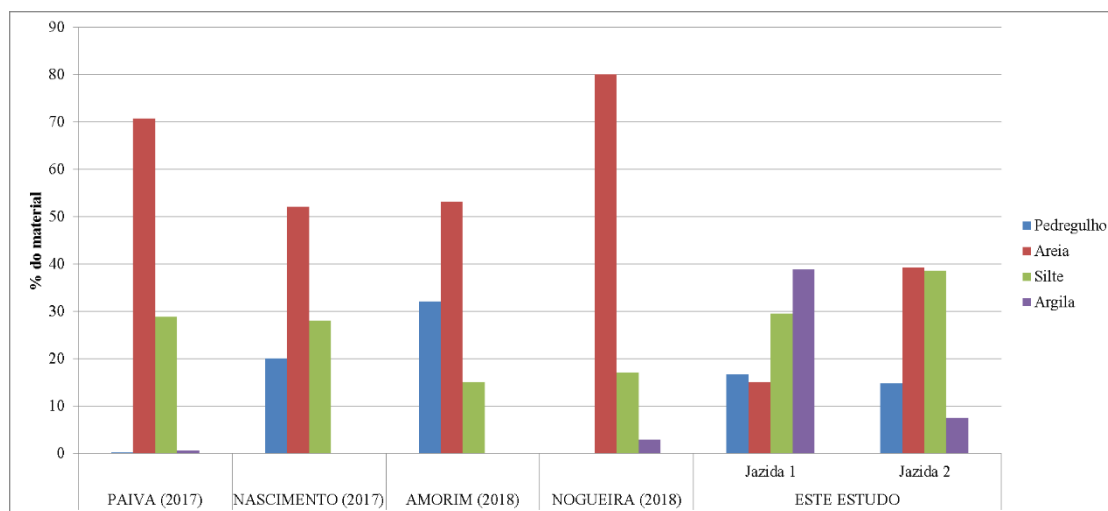


Figura 6. Porcentagens de agregados dos solos por faixa granulométrica

A Figura 7 mostra os resultados da massa específica dos solos da região. Observa-se que a massa específica dos grãos se encontra na faixa de 2,5 e 2,9 g/cm³. Em média a massa específica é 2,73 g/cm³. Os solos com maior conteúdo de pedregulho e areia têm os maiores valores de massa específica dos grãos.

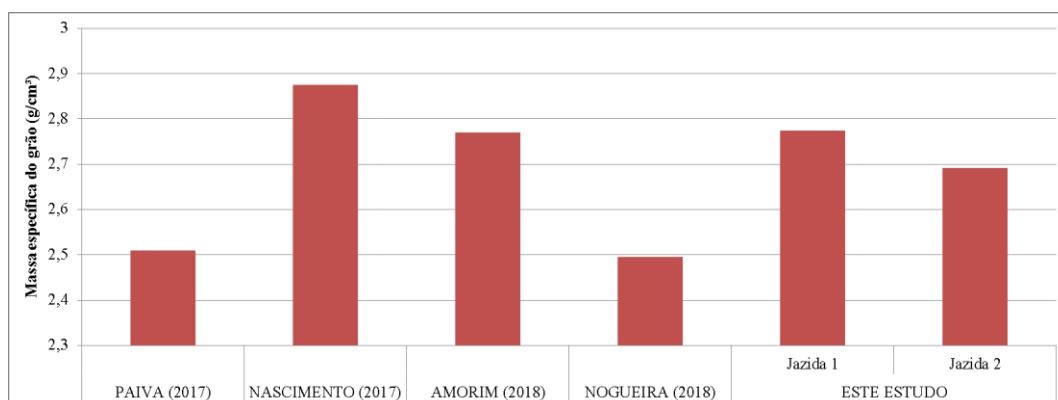


Figura 7. Massa específica do grão

3.1.2. Limites

A Figura 8 mostra os resultados dos limites de liquidez (LL) e índice de plasticidade (IP) dos solos da região. Os dados apontam que os LL estão entre 15 e 42%, sendo o maior valor o obtido para Este estudo - Jazida 2. Os IP variam entre 2 e 9 %, sendo 9 o maior valor (obtido por Amorim (2018)), que representa um solo argiloso com baixa plasticidade.

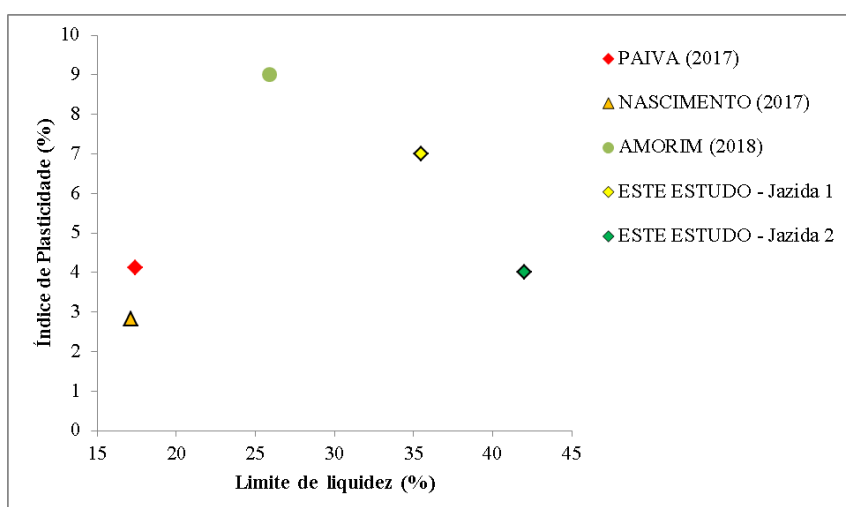


Figura 8. Limite de liquidez e índice de plasticidade

Os LL obtidos para as jazidas de Este estudo apresentaram os maiores valores sendo estes resultados coerentes com a granulometria, tendo em vista que apresentam os maiores conteúdos de silte e argila.

Segundo os dados obtidos de IP e LL e analisando somente a carta de plasticidade, todos os solos estudados da região são considerados como de baixa plasticidade. A partir da análise granulométrica e os dados dos limites dos solos estudados nas diferentes pesquisas da região foram classificados (pelo SUCS e TRB) conforme a Tabela 2.

Tabela 2. Classificação dos solos segundo os sistemas SUCS e TRB

AUTORES	Classificação	
	SUCS	AASHTO/TRB
PAIVA (2017)	SC - SM	A-2-4
NASCIMENTO (2017)	SC - SM	A-2-4
AMORIM (2018)	SM	A-2-4
NOGUEIRA (2018)	SC - SM	A-2
ESTE ESTUDO	Jazida 1	ML
	Jazida 2	SM

Levando em consideração a granulometria e plasticidade (sistema SUCS) os solos estudados por Nascimento (2017), Nogueira (2018) e Paiva (2017) são areias argilo siltsas; Amorim (2018) e Este estudo – Jazida 2 estudaram areias siltsas, já Este estudo – Jazida 1 é um silte pedregulhoso com areia.

A classificação da TRB utilizada para as estradas indica que os solos estudados por Amorim (2018), Nascimento (2017), Nogueira (2018) e Paiva (2017) são solos (todos classificados como A-2) que apresentam comportamento de excelente a bom quando utilizado como camada de subleito de pavimento. Já os solos desta pesquisa terão comportamento de sofrível a mau como subleito de pavimento.

Segundo Franzoi e Nogami (1990) os solos lateríticos são classificados como A-2 e A-4, apresentam uma coloração única e homogênea (geralmente vermelho, amarelo ou marrom) e têm agregação característica. Nas variações arenosas percebem-se frequentemente vazios intergranulares. Baseado nas características mencionadas pelos autores; os solos estudados por Amorim (2018), Nascimento (2017), Nogueira (2018)

poderiam ser lateríticos. Já a Paiva (2017) na sua pesquisa confirmou que o solo era laterítico.

A análise das propriedades granulométricas e os limites permitem concluir que segundo sistemas tradicionais de classificações SUCS e TRB, os solos deste estudo não poderiam ser utilizados como material para nenhuma das camadas de pavimentos, mas conforme apontado por Paiva *et al.* (2019) para verificar se realmente os solos da região podem ser utilizado ou não é necessário aplicar a metodologia de classificação MCT para solos lateríticos propostas por Villibor e Nogami (2009).

3.1.3. Compactação

A Figura 9 mostra a curva de compactação dos solos da região que foram compactados com energia correspondente ao Proctor Normal (PN).

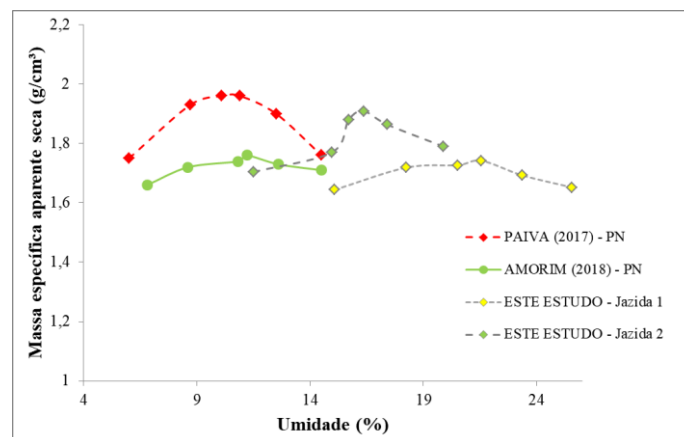


Figura 9. Compactação com Proctor normal

Observa-se que os solos com maior conteúdo de areia e pedregulho (solo estudado por Paiva (2017)) tem uma massa específica aparente seca maior (γ_d), mas a umidade ótima é menor. Por outro lado, os solos com maior quantidade de areia e silte como é o caso de ambas as jazidas deste estudo a massa específica é menor mais tem uma umidade ótima maior (de 10,1% obtido por Paiva (2017) passou para 21,6%), aspecto que se justifica pela quantidade de água que fica aprisionada nos poros menores.

Verificou-se também que as curvas de compactação dos solos estudados por Amorim (2018) e a obtida neste estudo (Jazida 2) são mais planas com um desvio padrão de 0,04 entre os valores de γ_d . A maior variação da umidade (diferença entre o ponto mais seco e mais úmido das curvas) foi de 10,5%, obtida para este estudo para a Jazida 1.

A Figura 10 mostra os resultados da análise do comportamento dos solos da região utilizando diferentes energias de compactação e a Tabela 3 aponta a umidade ótima e a massa específica seca com a correspondente energia de compactação, sendo PI a energia correspondente ao Proctor Intermediário e PM a do Proctor Modificado.

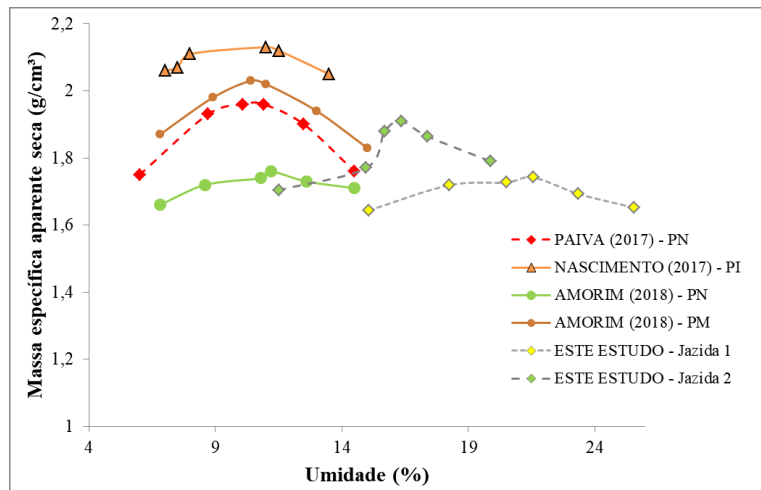


Figura 10. Compactação dos solos da região

Tabela 3. Umidade ótima e massa específica aparente seca

Autores	Umidade ótima W_o (%)	Massa específica aparente seca $\delta_d(g/cm^3)$	Energia de compactação
PAIVA (2017)	10,1	1,96	PN
NASCIMENTO (2017)	11	2,13	PI
AMORIM (2018)	11,2	1,76	PN
	10,4	2,03	PM
ESTE ESTUDO	Jazida 1	21,6	1,7
	Jazida 2	16,36	1,909

A partir dos dados da Tabela 3 é possível observar que a umidade ótima varia entre 10 e 22% aproximadamente. A umidade ótima maior foi obtida para o solo com maior conteúdo de silte e argila (Este estudo- Jazida 1). Para o γ_d a variação é entre 1,7 e 2,2 g/cm^3 , sendo em média 1,88 g/cm^3 . O maior γ_d foi obtido para o solo compactado com uma energia de PI e com maior conteúdo de areia e pedregulho (Nascimento (2017)).

Os solos estudados por Paiva (2017) e Amorim (2018) mostram resultados semelhantes (em termos de massa específica aparente seca e umidade ótima para a energia normal de compactação) aos levantados por Pinto (2006), que comenta que para solos arenosos com pedregulho a massa específica é elevada e na casa do 2,0 a 2,1 g/cm^3 com umidade ótima perto de 10%.

Amorim (2018) utilizou duas energias de compactação diferentes e identificou que o aumento da energia de compactação aumenta o γ_d e diminui a umidade ótima, comportamento esperado e normal segundo Das (2011).

3.1.4. CBR e Expansão

A Figura 11 mostra os valores de CBR obtidos para os diferentes solos estudados na região e os obtidos neste estudo. Observa-se que Amorim (2018), que compactou o solo com a energia correspondente ao PM obteve o CBR maior, aspecto que se justifica pelo fato de que mais de 85% do solo é areia e pedregulho (conforme observado na Figura 6) e por ter aplicado uma energia de compactação (maior que a do PN) que produz uma diminuição do índice de vazios e um aumento do γ_d do solo (conforme observado na Figura 10 e Tabela 3).

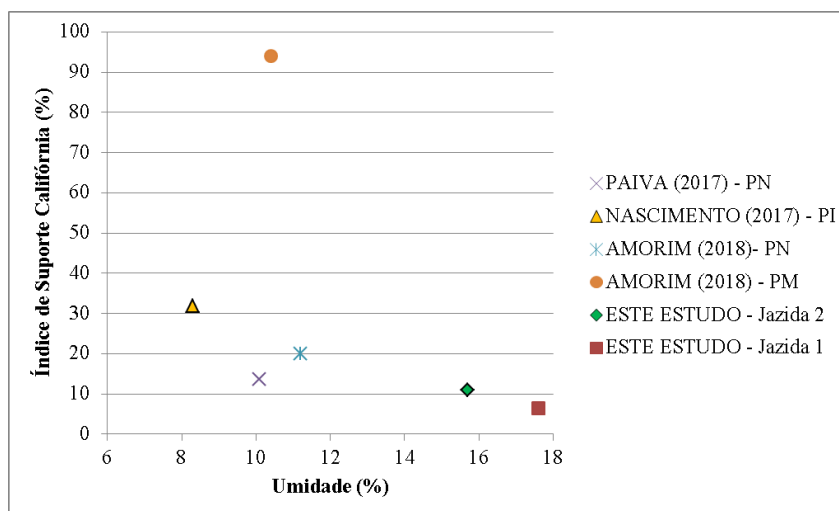


Figura 11. Índice de Suporte Califórnia (CBR)

A capacidade suporte dos solos de este estudo foi baixa, sendo o solo de Este estudo – Jazida 1 o que alcançou o menor CBR de todos os solos, o que é condizente com os elevados conteúdos de argila e pouco pedregulho que apresenta.

A Figura 12 apresenta os resultados de expansão avaliados para alguns dos solos da região (Amorim, 2018, Nascimento, 2017, Paiva, 2017) e para este estudo. Observa-se que os solos com maior quantidade de pedregulho e areia (Amorim, 2018, Nascimento, 2017) apresentam expansão menor que 0,1%, já o solo laterítico estudado por Paiva (2017) mostra expansão um tanto maior chegando até 0,35%. Quanto ao solo de Este estudo – Jazida 2, a expansão máxima foi superior aos demais estudos, 1,28%.

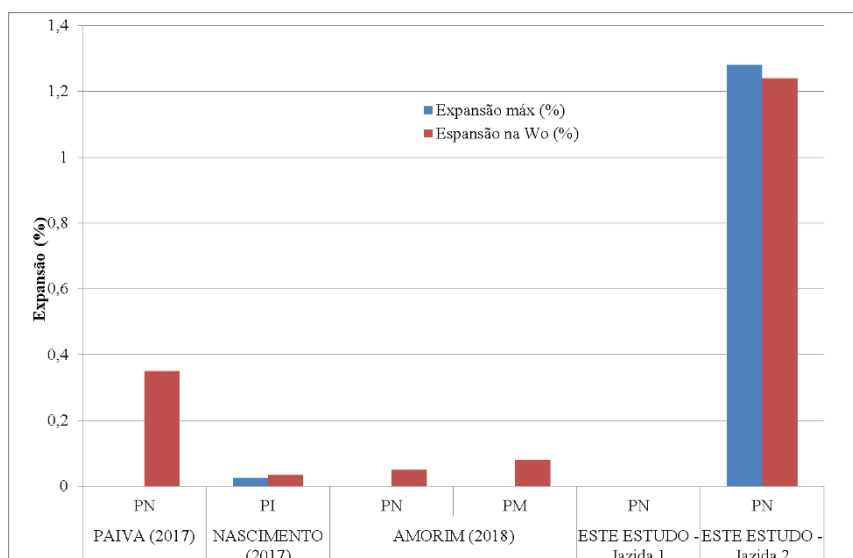


Figura 12. Expansão máxima e expansão na umidade ótima

Levando em consideração os resultados de CBR e expansão para uso de solos como camada de subleito ou reforço de subleito de pavimentos é possível concluir que tanto os solos deste estudo, quanto os solos estudados pelos outros autores (Amorim, 2018, Nascimento, 2017, Paiva, 2017) podem ser utilizados como camadas de subleito de pavimentos.

4. Conclusões

A análise feita com base em ensaios de caracterização de alguns solos coletados dentro do município de Barreiras – BA permitiu verificar que:

Os solos de Amorim (2018), Nascimento (2017), Nogueira (2018) e Paiva (2017) tiveram a mesma classificação pelo sistema TRB (A-2), serem possíveis solos lateríticos, e mesmo apresentando graduação e CBR distintos, num primeiro momento são considerados como ótimos para utilização em subleito de pavimentos.

Em contra partida, os solos deste estudo, receberam classificações diferentes entre si (A-4 e A-5) e apresentaram um comportamento de sofrível a mau como subleito de pavimento. Mesmo com todos os solos apresentando fraco comportamento plástico, eles se destacam por serem os que apresentam os maiores valores para limite de liquidez, isso por possuírem maior conteúdo de silte e argila. Quando compactados essa característica também fez com que apresentassem uma massa específica menor em comparação com os demais, além de maior umidade ótima.

Quanto aos demais solos, comparativamente, Paiva (2017) e Amorim (2018) quando compactados tiveram massa específica mais elevada e umidade ótima perto de 10%, por serem solos arenosos com pedregulho. Sendo que Paiva (2017) teve um solo laterítico que apresentou a maior massa específica aparente seca para os solos compactados com PN.

Foi observado também que os solos estudados cumprem com o valor mínimo de CBR e expansão para ser utilizado como subleito ou reforço de subleito, não sendo possível a utilização em camadas de sub-base e base de pavimentos, tendo em vista que essas camadas exigem valores de CBR superiores aos obtidos.

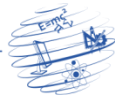
Uma possibilidade para análise futura seria analisar a viabilidade de uso desses solos como camada de sub-base ou base de pavimentos fazendo um estudo de misturas de solo ou misturas com cal e cimento, com o intuito de aumentar o CBR do solo.

Referências

- Amorim, M. (2018) "Influência das trajetórias de umedecimento e secagem e da forma de preparação das amostras na compactação e CBR de solos", Trabalho de Conclusão de Curso, Universidade Federal do Oeste da Bahia - UFOB.
- Associação Brasileira de Normas Técnicas. NBR 6458 (2016) "Grãos de solos que passam na peneira de 4.8mm - Determinação da massa específica", Rio de Janeiro.
- Associação Brasileira de Normas Técnicas. NBR 6459 (2016) "Solo - Determinação do limite de liquidez", Rio de Janeiro.
- Associação Brasileira de Normas Técnicas. NBR 7181 (2016) "Solo - Análise Granulométrica", Rio Janeiro.
- Associação Brasileira de Normas Técnicas. NBR 9895 (2016) "Solo - Índice de Suporte Califórnia", Rio de Janeiro.
- Associação Brasileira de Normas Técnica. NBR 7182 (2016) "Ensaio de compactação", Rio de Janeiro.



- Bernardi, A. C. C., Machado, P. L. O. A., Freitas, P. L., Coelho, M. R., Leandro, W. M., Oliveira Junior, J. P., Oliveira, R. P., Santos, H. G., Madari, B. E. e Carvalho, M. C. S. (2003) "Correção do solo e adubação no sistema de plantio direto nos Cerrados", Embrapa Solos, p. 22p.
- Bernucci, L., Motta, L., Ceratti, J. A. P. e Soares, J. B. (2008) "Pavimentação asfáltica: Formação básica para engenheiros", PETROBRAS ed. Rio de Janeiro: ABEDA.
- Das, M. B. (2011) "Fundamentos de Engenharia Geotécnica", 8ª edição. São Paulo: Cengage Learning.
- Cordão Neto, M. P., Menéndez, O. H., Reinaldo, R. L., Borges, C. e Caicedo, B. (2018) "Study of the relationship between the hydromechanical soil behavior and microstructure of a structured soil", Earth Sciences Research Journal, v. 22, n. 2, p. 91–101.
- Departamento Nacional de Trânsito. (2018) "Frota Munic Marco 2018", <http://www.denatran.gov.br/estatistica/237-frota-veiculos>, Maio.
- DNIT- Departamento Nacional de Infraestrutura de Transportes. (2005) "Manual de pavimentação", http://www1.dnit.gov.br/arquivos_internet/ipr/ipr_new/manuais/ManualdePavimenta%E7%E3o_05.12.06.pdf, Dezembro.
- Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária. (1999) "Sistema brasileiro de classificação de solo", Centro Nacional de Pesquisa de Solo. Rio de Janeiro: Embrapa Solos. 412p.
- Franzoi, S. e Nogami, J. S. (1990) "Algumas peculiaridades resilientes de solos lateríticos e saprolíticos", Universidade de São Paulo, São Paulo.
- Freitas, P. L., Donagemma, G. K. e Calderano, S. B. (2010) "Novos Caminhos para Agricultura Conservacionista no Brasil Comportamento físico-químico, aspectos mineralógicos e resposta ao manejo de Latossolos de textura média do Oeste da Bahia. XVIII Reunião Brasileira de Manejo e Conservação do Solo e da Água", Novos Caminhos para Agricultura Conservacionista no Brasil Comportamento. Anais.
- Godoy, N. S., e Teixeira, A. T. (1996) "Análise, Projeto e Execução de Fundações Rasas", Fundação: Teoria e Prática. São Paulo: PINI Ltda.
- Machado, S. L. (2002) "Apostila de Mecânica dos Solos", Departamento de Geotecnia da Escola Politécnica de Engenharia, Universidade Federal da Bahia - UFBA.
- Martinez, G. S. S. (2003) "Estudo do comportamento mecânico de solos lateríticos da formação Barreiras", Tese – Doutorado em Engenharia Civil - Universidade Federal do Rio Grande do Sul. Escola de engenharia, Porto Alegre, RS.
- Mitchell, J. K. e Soga, K. (2005) "Fundamentals of soil behavior", 3ª edição. John Wiley & Sons. New Jersey.
- Nascimento, L. (2017) "Estudo de viabilidade para utilização de RCD em base ou sub-base estudo da viabilidade para utilização de RCD em base ou sub-base", Trabalho de Conclusão de Curso – Graduação em Engenharia Civil - Universidade Federal do Oeste da Bahia. Centro das Ciências Exatas e das Tecnologias – CCET, Barreiras, BA.



- Nascimento, L. H. F., Kuhn, V. O., Moraes, S. e Correia, N. (2020) "Análise de Quebra de Grãos de Misturas de Solo com Resíduos de Construção Civil para Camadas de Pavimento", Revista Tecnológica, v. 29, n. 2, p. 526–540.
- Nogueira, T. (2018) "Cálculo de capacidade de carga e recalque de fundação", Trabalho de Conclusão de Curso – Graduação em Engenharia Civil - Universidade Federal do Oeste da Bahia. Centro das Ciências Exatas e das Tecnologias – CCET, Barreiras, BA.
- Paiva, M. C. (2017) "Estudo Dos Solos Arenosos Finos Lateríticos Para Bases De Pavimentos Econômicos No Município De Barreiras-Ba Aplicando a Metodologia MCT", Trabalho de Conclusão de Curso – (Graduação em Engenharia Civil) - Universidade Federal do Oeste da Bahia. Centro das Ciências Exatas e das Tecnologias – CCET, Barreiras, BA.
- Paiva, M. C., Silva, A. P., Kuhn, V. O. e Menéndez, O. H. (2019) "Caracterização de um solo arenoso fino lateríticos para base de pavimentos", RCT - Revista de Ciência e Tecnologia, v. 5, n. 8.
- Passo, D. P., Martins, E. S., Gomes, M. P., Braga, A. R. S., Castro, K. B., Lima, L. A. S., Carvalho Junior, O. A. e Gomes, R. A. T. (2010) "Caracterização Geomorfológica do Município de Barreiras, Oeste Bahiano", Escala 1: 100.000. Embrapa Cerrados. Planaltina, DF.
- Pinto, C. S. (2000) "Curso Básico Mecânica dos Solos em 16 aulas", 3ª. ed. São Paulo: Oficina de textos.
- Pinto, J., Silva, C. e Oliveira, C. A. (2006) "Influência de Variáveis Climáticas e Hidráulicas no Desempenho da Irrigação de um Pivô Central no Oeste Baiano", Jaboticabal, v. 26, n. 1, p. 76–85.
- Queiroz, A. (2015) "Estudo do comportamento microestrutural de solos tropicais compactados", Tese de doutorado, Departamento de Engenharia Civil e Ambiental, Universidade de Brasília, Brasília, 127 p.
- Superintendência de Estudos Econômicos e Sociais da Bahia (SEI-BA). (2017) "Textos para discussão - Cidades do agronegócio no Oeste Baiano".
- Villibor, D. F. e Nogami, J. S. (2009) "Pavimentos econômicos - Tecnologia do uso dos solos finos lateríticos", São Paulo: Arte & Ciência.