

Influência da Sucção na Estabilidade Estrutural de Solos Tropicais Não Saturados no Município de Silvânia-GO

Ana Caroline Rodrigues Cassiano de Sousa
Universidade Federal de Goiás, Goiânia, Brasil, caroline.r.c@hotmail.com

Marcia Maria dos Anjos Mascarenha
Universidade Federal de Goiás, Goiânia, Brasil, marciamascarenha@gmail.com

Andrelisa Santos de Jesus
Universidade Federal de Goiás, Goiânia, Brasil, andrelisa.jesus@gmail.com

Murilo Rodrigues da Silva
Universidade Federal de Goiás, Goiânia, Brasil, chonchu8@yahoo.com.br

RESUMO: Nos processos erosivos são transportados juntamente com o solo os nutrientes, os microrganismos e a água que existem entre os grãos, possibilitando o desenvolvimento de problemas ambientais e sociais, principalmente em se tratando de meios urbanos. Na região tropical, na qual se encontra o município de Silvânia, local de estudo deste trabalho, a situação é agravada pelas características climáticas da região e pelo fato de que grande parte dos solos apresentam estruturas suscetíveis à degradação, tais como suas características físico-químicas e aquelas relacionadas aos processos de formação. Desse modo, este trabalho propõe a realização de um estudo da influência da umidade e do grau de intemperismo na estabilidade estrutural de um solo localizado no município de Silvânia-GO, tendo como foco a análise da sucção atuante e utilizando como uma das ferramentas os ensaios de caracterização e de erodibilidade dos solos da região, já realizados por Silva *et al* (2015). Para atender estes objetivos, foram realizados ensaios para obtenção da curva de retenção de água para solos com dois graus distintos de intemperismo e ensaios de desagregação, com imersão total e parcial, utilizando amostras induzidas a quatro umidades distintas, sendo estas a umidade de saturação, a umidade do solo seco ao ar livre por 24h e as umidades de campo em período seco e em período chuvoso. Os resultados dos ensaios de desagregação foram comparados à localização do teor de umidade das amostras na curva de retenção do solo determinado e pôde-se verificar que a estabilidade estrutural foi maior nas amostras com maior grau de intemperismo. Relativo às umidades de ensaio, pôde-se concluir que quando o solo é submetido a umidades muito baixas há tendência de que ele perca parte de sua estabilidade estrutural quando saturado.

PALAVRAS-CHAVE: Processos erosivos, Solos não saturados, Solos tropicais, Sucção, Ensaio de desagregação.

1 INTRODUÇÃO

Nos processos erosivos são transportados juntamente com o solo os nutrientes, os microrganismos e a água que existem entre os

grãos, possibilitando o desenvolvimento de problemas ambientais e sociais, principalmente em se tratando de meios urbanos. Apesar de terem origem natural ao longo do tempo geológico, os processos erosivos são

diretamente afetados pelas atividades humanas, que os intensificam em menor tempo que o natural e aumentam suas áreas de ocorrência, estando entre os recursos naturais que a urbanização afeta mais severamente (CAMPOS, 2014).

As voçorocas em meio urbano têm origem no aumento do volume e concentração de águas superficiais e em disposições inadequadas das drenagens de águas pluviais, principalmente nos sistemas de drenagem em que forem misturadas águas pluviais e águas servidas (JACINTHO *et al*, 2006).

Na região tropical, na qual se encontra o município de Silvânia, local de estudo deste trabalho, a situação é agravada pelas características climáticas da região e pelo fato de que grande parte dos solos apresentam estruturas suscetíveis à degradação. A susceptibilidade é intensificada pelas características físico-químicas dos solos da região, tais como a alta porosidade e alta sensibilidade das ligações cimentícias em presença de água, o que torna necessária a aplicação de estudos regionalizados. (JACINTHO *et al*, 2006).

Dentre as características dos solos tropicais relacionadas a seus processos de formação, o grau de lateritização é de importante consideração. Os solos lateríticos são geralmente residuais ou sedimentares e sofrem processos intensos e rápidos de intemperização, após os quais o solo se torna mais resistente à ação da água e à erosão, de modo que seus finos se apresentam mais estáveis do que os de solos não lateríticos, já que passam a contar com a cimentação como fator de acréscimo em sua estabilidade estrutural (RESCHETTI JUNIOR, 2008).

Por outro lado, os solos não lateríticos são altamente erodíveis, de modo que a simples atuação da força natural de percolação da água pode possibilitar o surgimento ou a acentuação de erosões (JACINTHO *et al*, 2006). Na região de estudo, este tipo de solo se localiza na parte inferior do perfil, comprometendo toda a camada de solo quando diretamente exposto a chuvas e à percolação de fluidos.

Devido aos fatores apresentados, que propiciam a recorrência dos processos erosivos

na região tropical, este trabalho propõe a realização de um estudo da influência da umidade e do grau de intemperismo na estabilidade estrutural de um solo localizado no município de Silvânia-GO, tendo como foco a análise da sucção atuante.

2 METODOLOGIA

A metodologia foi dividida em três tópicos, de modo que no primeiro será apresentado o material utilizado como base para a pesquisa, no segundo será citado como se deram as coletas das amostras e em um terceiro tópico serão expostos os métodos aplicados neste trabalho.

2.1 Material

Para a realização deste trabalho foram utilizados dois solos com distintos graus de intemperismo, os quais foram coletados ao longo do perfil de uma erosão. Este perfil é apresentado na Figura 1, na qual é possível observar claramente três camadas de solo distintas, sendo estas de solo laterítico, de não laterítico e uma zona de transição entre estes.



Figura 1. Perfil do solo no local de coleta, sendo 1: solo laterítico, 2: solo não laterítico e 3: zona de transição.

A amostragem foi realizada em uma erosão urbana, localizada dentro do município de Silvânia, no estado de Goiás, com coordenadas 16°40'26,9" S, 48°36'41,8" W. Este processo erosivo se encontra em estado avançado e afeta uma área de aproximadamente 14.850 m²

através da instabilização do terreno, da perda de fertilidade do solo e do assoreamento do Córrego Lava-Pés, gerando risco ambiental ao Córrego e às residências alocadas nas proximidades da erosão.

As curvas granulométricas das amostras, retiradas a 1,5m e a 5,0m, constam na Figura 2.

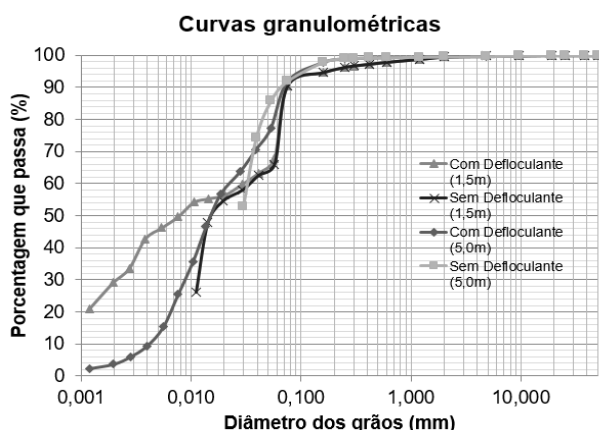


Figura 2 – Curvas granulométricas do solo. (Modificado de: Silva *et al*, 2015)

Os demais dados de caracterização dos dois solos, obtidos por Silva *et al* (2015), estão apresentados na Tabela 1, sendo eles: índice de agregação das argilas (IA), massa específica dos grãos (ρ_s), limite de liquidez (w_L), limite de plasticidade (w_P), índice de plasticidade (IP) e índice de atividade (IA).

Tabela 1. Dados de caracterização dos solos (Modificado de: Silva *et al*, 2015).

Solo	IAA (%)	ρ_s (g/cm ³)	w_L	w_P	IP	IA
1,5m	60,5	2,72	50	33	17	0,4
5,0m	12	2,69	48	NP	-	-

O solo coletado a 1,5m foi classificado por Silva *et al* (2015) como um silte de alta plasticidade (SUCS) e uma argila laterítica plástica, pelo método da pastilha. Foi obtido para este solo baixo coeficiente de atividade, indicando a presença de materiais inertes ou lateritizados. Portanto, trata-se de um solo laterítico.

Por sua vez, o solo coletado a 5,0m foi classificado pelos autores como um silte de baixa plasticidade (SUCS) e um silte arenoso não laterítico não plástico, pelo método da pastilha. Foi verificado alto coeficiente de atividade, indicando a presença de

argilominerais ativos. Desse modo, o solo mais profundo pôde ser classificado como não laterítico.

2.2 Coleta de amostras

Para a realização dos ensaios de WP4C e Tempe Cell foram coletadas amostras indeformadas dos solos laterítico e não laterítico no dia 19 de novembro de 2014, nas profundidades de 1,5m e 5,0m, respectivamente, em moldes de 10x10x5cm, geralmente utilizados para ensaio de erodibilidade. Após a coleta, as amostras foram embaladas em papel filme, identificadas e acondicionadas devidamente.

Para os ensaios de desagregação, as amostras do solo não laterítico foram coletadas no dia 09 de outubro de 2015, na profundidade de 4,6m. Neste período, o solo laterítico não apresentava coesão para que pudesse ser ensaiado, portanto, a coleta deste solo foi adiada para o dia 19 de fevereiro de 2016. Nesta data, o solo laterítico foi coletado a 0,6m de profundidade.

As amostras indeformadas foram retiradas de modo semelhante ao da primeira coleta, porém, desta vez, foram coletadas em blocos com volume de aproximadamente 30x30x30cm, para que pudessem ser moldadas posteriormente em laboratório. Foram também coletados para cada solo cerca de 0,5 kg de amostra deformada, sendo posteriormente acondicionada em sacos plásticos e disposta em uma caixa térmica de isopor.

2.3 Métodos

Os métodos executados foram divididos em duas partes, sendo a primeira composta pelos ensaios para obtenção da curva de retenção e a segunda pelos ensaios de desagregação.

2.3.1 Ensaios para obtenção da curva de retenção

Para a obtenção da curva de retenção foi necessária a realização de dois ensaios: um com aparelho de Tempe Cell e um com aparelho de WP4C, devido às limitações que cada

equipamento apresenta, sendo o primeiro utilizado para valores de sucção entre 0 kPa e 100 kPa e o segundo entre 100 kPa e 300 kPa.

O ensaio realizado com o aparelho WP4C Dewpoint Potentialmeter foi executado conforme Rocha (2013). O equipamento mede a sucção total das amostras, que é calculada a partir da pressão de vapor do ar em equilíbrio com a amostra de solo que é colocada em uma câmara de medição do equipamento.

Inicialmente, foi preparada uma pequena amostra de solo indeformado, de modo a cobrir apenas o fundo do molde do equipamento. Verificou-se, então, se a diferença de temperatura da amostra e do bloco da câmara se encontrava entre 0°C e -0,5°C, sendo esses os valores indicados para o ensaio. Sempre que a diferença obtida foi maior do que zero, foi necessário que a amostra fosse colocada sobre um local em que ela pudesse esfriar sem perder sua umidade. Após o fornecimento das sucções pelo WP4C, estas foram anotadas e plotadas em planilhas para a confecção da curva de retenção.

Por sua vez, o ensaio com o equipamento de Tempe Cell seguiu a metodologia executada por Aguiar *et al.* (2010). Inicialmente, a placa cerâmica do aparelho foi saturada e disposta em uma das células de pressão do mesmo, para que fosse retirado todo o ar. Amostras de solo de cerca de 6 cm de diâmetro foram preparadas e saturadas e posteriormente a massa do conjunto (célula da Tempe Cell mais solo) foi medida. Foram então aplicadas ao conjunto, gradativamente, pressões de ar de 10 em 10 kPa, até que chegasse a 100 kPa, e a cada pressão foi acompanhada a estabilização da sucção através da saída de água da célula. Ou seja, quando não houve mais saída de água pelo fundo da célula considerou-se que a pressão foi estabilizada. Após cada estabilização, o conjunto foi pesado, sendo verificada a umidade da amostra para cada valor de sucção. Após plotados os resultados em uma planilha, obteve-se a curva característica de cada solo, que será analisada mais adiante.

2.3.2 Ensaio de Desagregação

Para prever a influência da umidade no solo quando submerso e assim analisar a estabilidade

do corpo de prova, foram realizados ensaios de desagregação em amostras indeformadas, relativas aos solos laterítico e não laterítico.

A metodologia utilizada foi a proposta por Santos (1997), com inundação total e parcial em água destilada, com amostras indeformadas de solo no formato de cubos de aproximadamente 60 mm de aresta. As amostras de cada tipo de solo foram induzidas a quatro umidades distintas, sendo elas: umidade de saturação, deixando a amostra saturar sobre uma pedra porosa por 24h; umidade do solo seco ao ar, deixando a amostra secar ao ar livre por 24h; umidade de campo no período chuvoso, sendo utilizada a mesma umidade ensaiada por Silva *et al* (2015), retirada no período de novembro de 2014; e umidade de campo no período seco, retirada no período de outubro de 2015. Para a obtenção das amostras no teor de umidade de campo do período chuvoso foi adicionada água por gotejamento até a umidade desejada.

O ensaio com imersão total foi realizado com objetivo de simular as reações do solo a uma intensa e rápida precipitação. Neste ensaio, cada corpo-de-prova foi disposto em um béquero sobre uma pedra porosa e todos foram inundados completamente, permanecendo assim por 24h. Foram observados os comportamentos das amostras frente à força da água e tomou-se nota dos resultados.

Por sua vez, o ensaio com imersão parcial foi pensado para analisar as reações do solo frente à lenta ascensão do lençol freático. Para os procedimentos com imersão parcial, todas as amostras foram ensaiadas em um aquário, no qual cada amostra foi inicialmente disposta sobre uma pedra porosa para saturação por capilaridade por 30 minutos. Em seguida, adicionou-se água no recipiente em três etapas: até atingir 1/3, 2/3 e 3/3 do corpo de prova, sendo a última a completa imersão do corpo-de-prova. Cada etapa de inundação foi realizada com um intervalo de tempo de 15 minutos, e após a completa imersão o solo foi mantido inundado por 24h. Por fim, a resposta dos corpos de prova à imersão foi observada e anotada. Os resultados estão apresentados no item 3.

3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Neste tópico serão apresentadas as curvas características de desagregação, bem como as discussões referentes a estas.

3.1 Curva de retenção

Na Figura 3 são apresentados os dados experimentais das curvas características obtidas para os solos laterítico e não laterítico. Os valores de umidade utilizados nos ensaios de desagregação também estão representados na Figura 3.

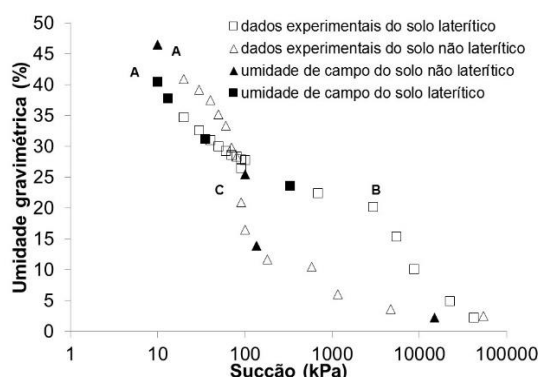


Figura 3 – Curvas de retenção: solos laterítico e não laterítico.

É possível notar um padrão de comportamento representativo para ambas as curvas de retenção dos solos, que pode ser visualizado através de três curvas, denominadas na figura como A, B e C. A curva A representa a fase em que a água está sendo retirada dos macroporos do solo, e é verificada tanto no solo laterítico quanto no não laterítico. Esta fase é caracterizada por apresentar as menores sucções, ou seja, são exercidas pressões pequenas para retirar a água dos poros, o que ocorre por capilaridade.

Por sua vez, a curva B representa a fase de retirada de água dos microporos do solo, que ocorre apenas em solos que possuem uma distribuição de poros bimodal, como os solos lateríticos, segundo Gitirana Jr *et al* (2015). Desse modo, há dois valores de entrada de ar nesses solos e as tensões utilizadas precisaram ser maiores para que a água seja retirada do interior das agregações, conforme verificado na Figura 3. Essa figura apresenta ainda uma

região C, definida por Gitirana Jr. *et al* (2015) como região de transição.

A partir das curvas de retenção, pôde-se relacionar a sucção à estabilidade estrutural dos solos, servindo como base para a análise dos resultados dos ensaios de desagregação, conforme apresentado a seguir.

3.2 Ensaios de desagregação

Os ensaios de desagregação com imersão total e parcial são analisados de modo qualitativo. Os resultados obtidos a partir destes ensaios foram baseados na classificação de Holmgren & Flanagan (1977 *apud* SANTOS, 1997) e estão apresentados nas Tabelas 2 e 3, referentes aos solos laterítico e não laterítico, respectivamente.

Tabela 2. Resultados dos ensaios de desagregação: solo laterítico.

DESAGREGAÇÃO PARCIAL				
Imersão	W=23,6%	W=31,2%	W=37,8%	W=40,5%
Sucção	330 kPa	35 kPa	13 kPa	10 kPa
Base do C.P.	Sem resposta	Sem resposta	Sem resposta	Sem resposta
1/3 da altura do C.P.	Sem resposta	Sem resposta	Sem resposta	Sem resposta
2/3 da altura do C.P.	Desagregação de pequenos grãos	Sem resposta	Sem resposta	Desagregação de pequenos grãos
Total	Desagregação de pequenos grãos	Sem resposta	Sem resposta	Desagregação de pequenos grãos
DESAGREGAÇÃO TOTAL				
Total	Desagregação de pequenos grãos	Sem resposta	Sem resposta	Sem resposta

Tabela 3. Resultados dos ensaios de desagregação: solo não laterítico.

DESAGREGAÇÃO PARCIAL				
Imersão	W=2,3%	W=13,9%	W=25,5%	W=46,5%
Sucção	15000 kPa	135 kPa	100 kPa	10 kPa
Base do C.P.	Sem resposta	Sem resposta	Sem resposta	Trincas
1/3 da altura do C.P.	Desagregação da base	Desagregação de pequenos grãos	Desagregação da base	Desagregação da base
2/3 da altura do C.P.	Abatimento	Abatimento (manteve fragmentos)	Abatimento	Abatimento
Total	Abatimento	Abatimento (manteve fragmentos)	Abatimento	Abatimento
DESAGREGAÇÃO TOTAL				
Total	Abatimento (manteve fragmentos)	Abatimento	Abatimento (manteve fragmentos)	Abatimento

Conforme explicado por Almeida (2014), no processo de imersão parcial a saturação do solo ocorre por capilaridade, o que resulta na expulsão gradual do ar presente nos poros, que

são quase completamente preenchidos por água. Por outro lado, quando submetido a imersão total, se ar presente nos vazios do solo está ocluído, há aumento de poropressão positiva, o que culmina na desestruturação do solo.

Conforme já mencionado, o solo laterítico é formado por agregações que, cimentadas pelos óxidos e hidróxidos de ferro e alumínio formam um material coeso, não propenso à desagregação. Nos resultados obtidos para este solo é possível observar que a amostra com $w=23,6\%$ apresentou a desagregação de alguns grãos de solo, fato explicado pelo alto valor de sucção (330 kPa) ao qual foi submetida, em comparação às outras amostras. Na amostra com $w=40,5\%$ notou-se desagregação de pequenos grãos sob imersão parcial, o que pode ser explicada pela heterogeneidade das amostras ensaiadas. Nas duas outras amostras não houve resposta do corpo de prova à inundação, ou seja, sua forma e tamanho originais foram mantidos. Vale ressaltar que as amostras não foram ensaiadas com valores de sucção em nível microestrutural.

Para o solo não laterítico, todos os resultados finais apresentaram “abatimento” do solo, ou seja, o material do solo foi desestruturado, independente do teor de umidade ou da sucção submetida ao solo. Isto pode ser explicado pela baixa coesão entre os grãos deste tipo de solo. Além disso, o solo não laterítico não sofreu influências do modo de inundação ao qual foi submetido, seja parcial ou total, pois não há comunicação entre os vazios, logo, não há expulsão do ar quando a ascensão de água é parcial e o principal fenômeno que atuou neste solo foi a geração de poropressão positiva, o que também pôde ser observado no trabalho de Almeida (2014).

Portanto, os resultados observados indicam que a sucção exerceu maior influência sobre o solo laterítico do que sobre o não laterítico, mesmo que os intervalos entre as umidades ensaiadas tenham sido menores no primeiro. No solo laterítico, na medida em que se aumentou a sucção notou-se maior desagregação das partículas. Por sua vez, no solo não laterítico, a sucção teve pouca influência sobre o solo, já que todas as amostras ensaiadas apresentaram igualmente desagregação abrupta devido às

poropressões positivas geradas pelas inundações e à baixa coesão entre seus grãos.

Faz-se necessário ainda pontuar a ocorrência de alguns fenômenos nos ensaios. Nas amostras de solo não laterítico submetidas à saturação, tanto para o ensaio de desagregação total quanto o parcial, foi observado o surgimento de trincas após o período de 24h em saturação, conforme visualizado na Figura 4, o que pode ser explicado pela presença de argilo-minerais expansivos. Dessa forma, a desagregação sofrida pela amostra é devido não só ao efeito da geração de poropressão positiva, mas à perda de resistência da amostra devido às trincas.

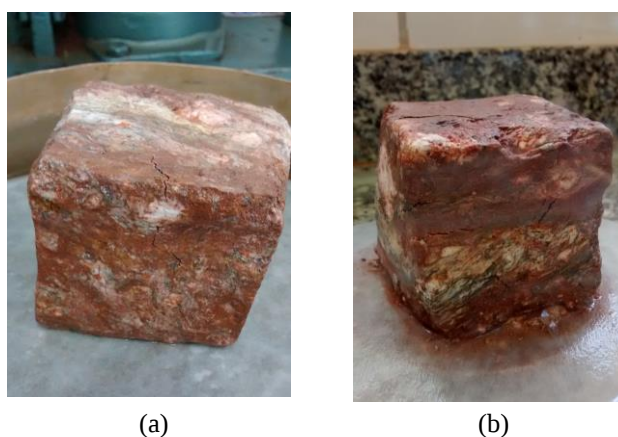


Figura 4 – Trincas nas amostras de solo não laterítico submetidas a 24h de saturação ($w=46,5\%$): (a) amostra para desagregação total; (b) amostra para desagregação parcial.



Figura 5 – Bolhas de ar aderidas à amostra de solo na umidade do solo seco ao ar por 24h ($w=23,6\%$): imersão total.

Nos ensaios referentes ao solo laterítico, por sua vez, foi observada a presença de bolhas de ar ao redor das amostras, constando em maior quantidade na amostra de umidade do solo seco ao ar livre por 24h ($w=23,6\%$), conforme pode ser visualizado na Figura 5. O surgimento de bolhas aconteceu tanto no ensaio com imersão

total quanto no de imersão parcial, podendo ser explicado pela presença de ar nos vazios do solo, na condição anterior à imersão. Este fenômeno diminui a desagregação, visto que a expulsão de ar reduz a poropressão positiva gerada.

4 CONSIDERAÇÕES FINAIS

A partir do estudo realizado, pôde-se concluir que a metodologia adotada para analisar a influência da sucção e dos graus de intemperização na estabilidade estrutural dos solos de Silvânia-GO mostrou-se adequada. No entanto, para que haja maior padronização na metodologia dos ensaios de desagregação para os dois níveis de intemperismo, recomenda-se que ambos os ensaios sejam realizados em um aquário. Além disso, é recomendado que a altura total de lâmina d'água seja fixada para ambos os ensaios, conforme recomendado por Terra *et al.* (2015).

Os resultados observados mostram que quanto maior o grau de intemperismo do solo, maior será sua estabilidade estrutural, pois os solos lateríticos apresentaram maior resistência do que os não lateríticos.

Foi constatado que os resultados obtidos para os ensaios de desagregação foram coerentes com os resultados das curvas de retenção de água de cada tipo de solo, conforme seu grau de intemperização. No solo latéritico, quando o solo foi submetido a umidade muito baixa ele desagregou mais em comparação com solos em umidades maiores. Tal fato foi observado apenas para o solo laterítico, pois, devido à baixa coesão do solo não laterítico, todos os ensaios realizados com distintos teores de umidade resultaram em desagregação.

Finalmente, tendo em vista que a estrutura dos solos reage de modo diferente a fluidos distintos, propõe-se, para aprimoramento dos resultados, que sejam realizados ensaios de desagregação utilizando outros fluidos para imersão, como águas servidas, para que seja simulada a influência destes nos solos.

AGRADECIMENTOS

Agradecemos ao CNPq, à Universidade Federal de Goiás e à Prefeitura de Silvânia pelo apoio na realização deste trabalho.

REFERÊNCIAS

- Aguiar, L.A.; Aquino, F.R.; Guimarães, R.C.; Castro, B.C.; Gitirana Jr, G.F.N.; Camapum de Carvalho, J. (2010) *Uso conjunto das técnicas de Papel Filtro, Câmara de Richards e Tempe Cell na obtenção da curva característica de solos compactados*. In: Congresso Brasileiro de Mecânica dos Solos e Engenharia Geotécnica, 2010, Gramado-RS.
- Almeida, J.G.R. (2014) *Erodibilidade de solos tropicais não saturados nos municípios de Senador Canedo e Bonfinópolis-GO*. Dissertação de Mestrado, Programa de Pós-Graduação em Geotecnia, Escola de Engenharia Civil, Universidade Federal de Goiás, 129 p.
- Campos, C.J.M. (2014) *Avaliação da erodibilidade pelo método Inderbitzen em solo não saturado da região de Bauru-SP*, Dissertação de Mestrado, Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil e Ambiental, Faculdade de Engenharia, Universidade Estadual Paulista, 154 p.
- Gitirana Jr, G.F.N.; Marinho, F.A.M.; Soto, M.A.A. (2015) *A curva de retenção de água de materiais porosos*. In: CAMAPUM DE CARVALHO, J.; GITIRANA JR, G.F.N.; MACHADO, S.L.; MASCARENHA, M.M.A.; SILVA FILHO, F.C. (Org.). Solos não saturados no contexto geotécnico. 1ª ed., São Paulo, Associação Brasileira de Mecânica dos Solos e Engenharia Geotécnica, p 205-227.
- Jacinto, E. C.; Camapum de Carvalho, J.; Cardoso, F. B. ; Santos, dos R. M. M.; Guimarães, R. C. & Lima, M. C. G. (2006) *Solos tropicais e o processo erosivo*. In: CAMAPUM DE CARVALHO, J.; SALES, M. M.; SOUZA, N. M.; MELO, M. T. S. (Org.). Processos Erosivos no Centro-Oeste Brasileiro. 1ª ed., Brasília, FINATEC, p 93-156.
- Reschetti Jr, P.R. (2008) *Avaliação do comportamento mecânico de um solo arenoso fino laterítico reforçado com fibras para uso em pavimentação*, Dissertação de Mestrado, Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil, Escola de Engenharia de São Carlos, Universidade de São Paulo, 145 p.
- Rocha, M.F. (2013) *Influência do Perfil de Sucção em Obras de Contenção em Solos Não Saturados*, Dissertação de Mestrado, Programa de Pós-Graduação em Geotecnia, Estruturas e Construção Civil, Escola de Engenharia Civil, Universidade Federal de Goiás, 278 p.
- Santos, R.M.M. (1997) *Caracterização geotécnica e análise do processo evolutivo das erosões no*

município de Goiânia. Dissertação de Mestrado em Geotecnia, Departamento de Engenharia Civil, Faculdade de Tecnologia, Universidade de Brasília, 120 p.

Silva, M.R.; Mascarenha, M.M.A.; Jesus, A.S. (2015) *Erodibilidade de solos tropicais não saturados em Silvânia-GO*. In: VII Congresso Brasileiro de Geossintéticos e VIII Congresso Brasileiro de Geotecnia Ambiental, 2015, Brasília-DF. 965 p. p. 230-237.

Terra, V.S; Gitirana, Gilson de F. N.; Mascarenha, M.M.A; Domingos, V.H.; Almeida, J.G.R. (2015). Influência da Poropressão de ar no Ensaio de Desagregação por Imersão Total em Água. In *VIII Simpósio Brasileiro de Não Saturados*, Fortaleza, 1-8.